



Escola Politècnica Superior  
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# Motorización independiente de una silla de ruedas

**Autor/ Titulación:** Antonio Morales Perdomo/ Grado en Ingeniería mecánica  
David Ribera Carné/ Grado en Ingeniería mecánica  
Marina Rodríguez Mestres / Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y desarrollo del producto

**Director:** Balduí Blanqué Molina

**Departamento:** Ingeniería Electrónica (709)

**Fecha:** 2 de julio de 2.015



## RESUMEN

El propósito principal del proyecto es abordar el diseño de un sistema de motorización eléctrico acoplable para sillas de ruedas manuales. A partir de la idea de Xavier Duacastilla, construir una motorización de estas características partiendo de un patinete, se rediseña una motorización con un buen sistema de sujeción para sillas plegables con cruceta. Estas sillas son las más usadas debido a su bajo coste y las subvenciones existentes. No obstante, las motorizaciones similares se centran en sujeciones para sillas de ruedas de chasis rígido y ofrecen soluciones muy limitadas a las sillas de ruedas con cruceta.

Para determinar los requisitos que debe cumplir el dispositivo de arrastre, además de los ya pautados inicialmente por Duacastilla, se ha realizado un estudio de usuario y de sistemas similares. Se han determinado requerimientos de los usuarios, así como requisitos técnicos. El producto, además de ofrecer una sujeción universal, debe priorizar el coste siendo económico. Se debe tener en cuenta también su funcionalidad, por lo tanto, las dimensiones deberán ser reducidas, su uso deberá ser sencillo e intuitivo y tener un mínimo mantenimiento.

La metodología de trabajo ha consistido en la construcción de varios prototipos que pudiesen ser validados por un usuario. Al inicio se empezó a desarrollar un sistema de sujeción para sillas plegables hasta finalmente conseguir crear el prototipo final. Con la elaboración de los prototipos se fue modificando iterativamente tanto los requisitos como el producto final.

Al término del proyecto se ha logrado elaborar una propuesta y un prototipo funcional aptos para sillas plegables, de muy bajo coste y que cumple la mayor parte de los requerimientos planteados. Se trata de un producto realmente funcional y económico que ofrece una sujeción que permite adaptar y ajustarse a todo tipo de sillas. Este proyecto termina con unas propuestas de mejora que pueden servir de base de posibles proyectos futuros para optimizar la motorización.

### Palabras clave:

Motorización  
Silla de ruedas activas  
Diversidad funcional  
Movilidad  
Silla de ruedas híbrida  
Maker  
Innovación  
Accesibilidad  
Scooter  
DCU (Diseño Centrado en el Usuario)

## **ABSTRACT**

The main purpose of the project is to address the design of a system of coupled electric motors for manual wheelchairs. From the idea of Xavier Duacastilla build an engine of this type based on a scooter, an engine was redesigned with a good restraint folding chairs with crosshead. These chairs are the most used due to its low cost and existing grants. However, similar engines focus on fasteners Wheelchair rigid chassis and offer very limited to wheelchairs with crosshead solutions.

To determine the requirements to be met by drive device, in addition to those initially ruled by Duacastilla, has made a study of user and similar systems. They have been identified user requirements and technical requirements. The product, while providing a universal subject, should prioritize the cost being economical. It should also take into account its functionality, therefore, the dimensions should be reduced, its use should be simple and intuitive and have a minimum maintenance.

The work methodology consisted of the construction of several prototypes that could be validated by a user. At the beginning we started to develop a restraint system to finally get folding chairs create the final prototype. With the development of the prototypes was iteratively modifying both the requirements and the final product.

At the end of the project it has succeeded in developing a proposal and a functional prototype suitable for folding chairs, very low cost and meets most of the requirements set. This is a truly functional and economical product that offers a subject that can adapt and adjust to all kinds of chairs. The project ends with some improvements that can be the basis for possible future projects to optimize the engine.

### **Keywords:**

Motorized  
Active wheelchair  
Disability  
Mobility  
Hybrid wheelchair  
Maker  
Innovation  
Accessibility  
Scooter  
UCD (User-centered design)



## PRÓLOGO

El proyecto nace de la propuesta *Handiwheel*, elaborada por Xavier Duacastilla, consiste en diseñar una de motorización acoplable y desacoplable, según lo requiera el usuario, a sillas de ruedas manuales. Haciendo énfasis que debe ser una solución económica, funcional y accesible para personas con diversidad funcional. El objetivo es poder abordar largos recorridos sin perder la libertad y agilidad de movimiento de una silla manual.

El equipo proyectista es un equipo multidisciplinar completo, formado por: el profesor del departamento de ingeniería eléctrica, Balduí Blanqué, será quien habrá tutorizado y supervisado el proyecto; el portador de la propuesta y usuario directo, Xavier Duacastilla Soler; los tres estudiantes, David Rivera y Antonio Morales (de ingeniería mecánica) y Marina Rodríguez (de ingeniería en diseño industrial); y el ingeniero mecánico y en diseño industrial, Marc Escolà, quien colaborará y dará soporte al proyecto. Un equipo motivado con un gran reto común, la realización de un proyecto que lucha por superar las barreras y las desigualdades sociales existentes.

El último informe mundial de la discapacidad<sup>1</sup> realizado por la OMS (Organización Mundial de la Salud) afirma que la diversidad funcional ocupa un 15% de la población mundial y que la cifra va en aumento debido al envejecimiento de la población y al incremento global de los problemas crónicos de salud. Esta situación conlleva al cambio en muchos sectores. En el sector industrial debe llevar a un cambio de concepto de producción, los productos deben tener un diseño cada vez más universal y la accesibilidad debe estar presente en nuestro día a día.

1.- Fuente: OMS, Informe mundial sobre la discapacidad, 2011.

## AUTOINFORME

Des del principio del proyecto se adaptó una dinámica de equipo muy participativa conjunta, todos tomábamos las mismas riendas y los tres realizábamos todo el trabajo juntos. Así fue hasta que ya por fin se definió el diseño del mecanismo de sujeción, una vez a medio definir, después de haber aportado cada uno su creatividad, su experiencia y conocimientos, se empezaron a definir los roles distintivos. En esta etapa mi aportación se centraba mucho en la empatía hacia el usuario y como cada uno de nosotros, en aportar ideas de posibles mecanismos.

Mi aportación en el proyecto ha tenido varios caminos, por una parte me he encargado de la parte organizativa del equipo, la calendarización y la estructuración de la memoria del proyecto. También me encargué de extraer los requerimientos del producto con el estudio de usuario realizado, así como de la búsqueda de normativa. Por otra parte, mi papel importante ha sido el desarrollo estructural del producto reflejado en el modelado CAD. Y por último la realización del presupuesto y el manual de usuario.

A lo largo de este proyecto, he podido potenciar todos mis conocimientos adquiridos en estos últimos cuatro años, así como mis aptitudes personales. Gracias a varias asignaturas he podido desarrollar todas mis aportaciones a este proyecto, pero también debo dejar constancia que mucha parte de mis aportaciones han sido gracias a mis prácticas en la empresa *Esclatec*. Este proyecto, ha podido englobar toda mi carrera académica hasta el momento.



*Marina Rodríguez Mestres*

El inicio del proyecto fue muy entusiasmado por parte de todos los componentes del equipo. Empezamos a investigar todo tipo de sillas de ruedas, todo tipo de motorizaciones ya existentes y sobretodo todo tipo de sujeciones creadas para cualquier tipo de silla de ruedas para intentar llenarnos de conocimientos y poder crear la mejor y más universal sujeción del mundo.

Trabajábamos codo con codo las horas que hicieran falta, necesitábamos ideas y más ideas, compartíamos todo lo que se nos ocurría para intentar hacer una bola enorme de ideas con la cual trabajar para poder crear la 'máquina definitiva'.

Después de pasar semanas, incluso meses, nos vimos algo estancados con un cúmulo de ideas que no podíamos hacer realidad así que decidimos ponernos manos a la obra y empezar a crear algo palpable para poder levantar el vuelo y desarrollar nuestro propio prototipo en su totalidad, el *Joi'n'joy*.

Empezamos comprando un patinete eléctrico con unas especificaciones de motor y accesorios mínimas y a partir de ese momento no paramos de crear todo lo que se nos pasaba por la cabeza y estaba en nuestras manos.

Yo, personalmente, me pude encargar de la elaboración del prototipo, con ayuda de mis compañeros, ya que era el que tenía más experiencia en la manipulación de metal, ya sea cortando, dando forma o soldando. Pudimos disponer de un espacio con todas las herramientas necesarias, ya que gracias a que en mi tiempo libre me dedico a crear mi propio coche de carreras y a pilotarlo dispongo de una nave, con algunos amigos, donde pudimos darle rienda suelta a la fabricación de nuestra motorización.

Aparte de su creación, también me encargué de documentar con fotos y con la redacción de experiencias propias toda la elaboración, paso a paso, de nuestra motorización. Y ya que la mano de obra había sido fruto de mis manos, tenía que ser yo el que 'arriesgara' haciendo las pruebas finales de la motorización una vez acabada y sobretodo documentarla con fotos, videos y expresando la experiencia lo mejor posible.

En general ha sido un proyecto muy enriquecedor, he podido trabajar mucho en equipo, algo importante actualmente en el mundo laboral y sobretodo aprender una metodología que nunca había tenido la oportunidad de utilizar. He podido crear algo que luego hemos podido palpar con nuestras propias manos y poder verlo y sentirnos orgullosos del trabajo realizado.

¡Doy un 10 a mi equipo y a los momentos que hemos pasado juntos estos 4 meses!



*Antonio Luis Morales Perdomo*



Este proyecto ha supuesto para mí un gran cambio de mentalidad. Al principio estábamos todos muy entusiasmados de poder desarrollar algo que fuese útil más allá de la universidad, y dedicamos muchas horas a pensar distintos tipos de diseño así como intentar definir qué requisitos debía cumplir el proyecto. Todo era posible y partíamos de cero.

A medida que avanzamos y aprendíamos la metodología nos dimos cuenta de la necesidad de materializar, de construir aquello que ideábamos para ver si funcionaba o si eran solo elucubraciones. Esto era algo nuevo para mí, nunca antes había sido tan consciente de la creatividad que requiere diseñar un producto real, ni de lo poco inmediato que es aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

Al estar formado el equipo por dos ingenieros mecánicos i una diseñadora nuestros conocimientos eran similares y hemos podido trabajar muchas partes del proyecto conjuntamente. Mi aportación individual se ha centrado en el desarrollo de distintas partes de la memoria como el estado de productos similares, partes del módulo eléctrico, mecánico y he podido aplicar conocimientos de expresión gráfica a la elaboración de los planos y modelado.

En conclusión la experiencia ha sido muy positiva: he aprendido nuevas formas de enfocar los problemas más eficazmente y creo que trabajar en equipo, y en un equipo que ha funcionado genial, es muy enriquecedor.



*David Ribera Carné*

## ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
PRÓLOGO.....	6
AUTOINFORME.....	7
1. PRESENTACIÓN.....	17
Introducción.....	17
Objetivo .....	18
2. ESTADO DEL ARTE.....	19
2.1. Producto inicial .....	19
2.1.1. Ventajas y desventajas .....	19
2.1.2. Características técnicas .....	20
2.1.3. Despiece y coste.....	21
2.2. Productos similares.....	21
2.2.1. Accionados por acompañante .....	21
2.2.2. Accionados por el usuario .....	22
3. ESTUDIO DE USUARIO.....	25
3.1. Introducción.....	25
3.2. Especificación de contexto de uso .....	26
3.2.1. Entrevista.....	26
3.2.2. Cuestionarios.....	28
3.3. Especificación de los requisitos .....	36
3.3.1. Recopilación de requerimientos .....	36
3.3.2. Estado del arte de las sillas de ruedas potenciales.....	36
4. MÓDULO DE SUJECIÓN .....	38
4.1. Estudio previo.....	38
4.1.1. Estado del arte en productos similares.....	38
4.1.2. Requisitos.....	40
4.1.3. Desarrollo.....	41
4.2. Diseño.....	48
4.2.1. Sujeción inferior.....	48
4.2.2. Sujeción central.....	49
4.2.3. Justificación .....	50
4.2.4. Características técnicas .....	51

5.	MÓDULO ELÉCTRICO .....	52
5.1.	Requisitos del sistema.....	52
5.2.	Descripción del funcionamiento del sistema.....	53
5.3.	Especificaciones técnicas y descripción de los componentes.....	54
5.3.1.	Motor .....	54
5.3.2.	Batería.....	55
5.3.3.	Control.....	55
5.3.4.	Acelerador.....	56
6.	MÓDULO MECÁNICO .....	58
6.1.	Descripción del módulo.....	58
6.2.	Rueda .....	58
6.2.1.	Requisitos.....	58
6.2.2.	Elección y justificación. ....	58
6.2.3.	Características técnicas: .....	59
6.3.	Cadena.....	59
6.3.1.	Requisitos.....	59
6.3.2.	Elección y justificación .....	59
6.3.3.	Características técnicas .....	59
6.4.	Plato.....	59
6.4.1.	Requisitos.....	59
6.4.2.	Elección y justificación .....	59
6.4.3.	Características técnicas .....	60
6.5.	Amortiguación.....	60
6.5.1.	Requisitos.....	60
6.5.2.	Elección y justificación .....	60
6.6.	Freno .....	61
6.6.1.	Requisitos.....	61
6.6.2.	Elección y justificación .....	61
7.	MÓDULO ESTRUCTURAL .....	62
7.1.	Manillar.....	62
7.1.1.	Requisitos.....	62
7.1.2.	Elección y justificación .....	62
7.1.3.	Características técnicas .....	62
7.2.	Estructura interior.....	63
7.2.1.	Requisitos.....	63

7.2.2.	Diseño y justificación.....	63
7.2.3.	Características técnicas .....	63
7.3.	Estructura externa .....	63
7.3.1.	Requisitos.....	63
7.3.2.	Diseño y justificación.....	64
7.3.3.	Características técnicas .....	65
8.	PROCESO DE FABRICACIÓN.....	66
8.1.	Prototipo.....	66
8.1.1.	Despiece Patinete.....	66
8.1.2.	Elementos de soporte .....	67
8.1.3.	Elementos de sujeción .....	69
9.	ENSAYOS EXPERIMENTALES.....	75
9.1.	Superando rampas.....	75
9.2.	Superando bordillos.....	76
9.3.	Prueba de velocidad.....	76
9.4.	Prueba de frenada.....	77
9.5.	Prueba de giro y tracción.....	77
9.6.	Prueba en tierra.....	78
10.	PRESUPUESTO.....	79
10.1.	Mercado.....	79
10.2.	Escandallo .....	80
	Escandallo y coste.....	80
11.	PLIEGO DE ESPECIFICACIONES.....	85
11.1.	Normativa .....	85
12.	MANUAL DE USUARIO.....	87
12.1.	Presentación .....	87
12.2.	Manual de uso y funcionamiento .....	87
12.3.	Recomendaciones y normas de seguridad.....	89
12.4.	Mantenimiento y reparaciones.....	90
13.	CONCLUSIONES GENERALES .....	94
13.1.	Propuestas de mejora.....	94
13.2.	Conclusiones personales.....	96
13.3.	Agradecimientos.....	97
13.4.	Bibliografía.....	98
	Artículos y documentación.....	98

Manuales y catálogos .....	98
ANEXOS.....	99
Planos técnicos .....	99

## Índice de figuras

Fig. : 1 Xavier Duacastilla con Handiwheel.....	19
Fig. : 2 Sujeción Handiwheel.....	20
Fig. : 3 Motorización accionada por acompañante.....	21
Fig. : 4 Motorización por control electrónico.....	22
Fig. : 5 Motorización motor HUB.....	22
Fig. : 6 Motorización con manillar Batec.....	22
Fig. : 7 Motorización con manillar mySlave.....	23
Fig. : 8 Motorización con manillar Firefly.....	23
Fig. : 9 Motorización con manillar mySlave.....	23
Fig. : 10 Ejemplos de sillas semi-activas.....	37
Fig. : 11 Ejemplos de sillas activas.....	37
Fig. : 12Batec.....	38
Fig. : 13 Soporte Batec.....	38
Fig. : 14Firefly.....	38
Fig. : 15 Sujeción Firefly.....	39
Fig. : 16mySlave.....	39
Fig. : 17Armbike.....	39
Fig. : 18 Lomo Litio.....	40
Fig. : 19 Esquema puntos comunes de anclaje.....	41
Fig. : 20 Esquema puntos comunes de anclaje posibles.....	42
Fig. : 21 Primeros prototipos de sistemas de soporte.....	43
Fig. : 22 Segundo prototipo de sistema de soporte.....	44
Fig. : 23 Prototipo de sistema central.....	45
Fig. : 24 Primera prueba experimental.....	46
Fig. : 25 Esbozo de las distintas ideas planteadas.....	47
Fig. : 26 Esbozo de la idea1.....	47
Fig. : 27 Prototipo sistema de anclaje.....	48
Fig. : 28 Esbozo de la idea3.....	48
Fig. : 29Sujeción inferior.....	48
Fig. : 30Soporte sujeción inferior.....	49
Fig. : 31Sujeción central.....	49
Fig. : 32Clip sujeción central.....	50
Fig. : 33Silla elevada con la sujeción.....	50
Fig. : 34Prototipo sistema de anclaje.....	53
Fig. : 35 Especificaciones técnicas del motor.....	54
Fig. : 36 Ejemplo funcionamiento del motor.....	54
Fig. : 37 Ejemplo funcionamiento del motor.....	55
Fig. : 38 Controlador.....	55
Fig. : 39 Funcionamiento del controlador.....	56
Fig. : 40 Acelerador.....	56
Fig. : 41Módulo mecánico.....	58
Fig. : 42 Neumáticos.....	58

Fig. : 43 Cadena .....	59
Fig. : 44 Plato.....	59
Fig. : 45 Amortiguación.....	60
Fig. : 46 Freno.....	61
Fig. : 47 Manillar.....	62
Fig. : 48 Estructura interna.....	63
Fig. : 49 Propuesta de estructura exterior.....	64
Fig. : 50 Estructura principal y estructura motor.....	64
Fig. : 51 Interior de estructura.....	65
Fig. : 52 Caja de baterías.....	65
Fig. : 53 Caja de baterías.....	65
Fig. : 54 Vista del conjunto.....	65
Fig. : 55 Despiece del patinete.....	66
Fig. : 56 Detalle elementos de soporte.....	67
Fig. : 57 Optimización soporte motor.....	67
Fig. : 58 Soporte motor.....	67
Fig. : 59 Optimización soporte motor.....	68
Fig. : 60 Unión soporte motor a estructura .....	68
Fig. : 61 Soporte motor posición 2.....	68
Fig. : 62 Soporte motor posición 1.....	68
Fig. : 63 Instalación estructura - motor.....	68
Fig. : 64 Facilitado tensor de cadena.....	68
Fig. : 65 Inicio sujeción inferior.....	69
Fig. : 66 Sujeción inferior posición 2.....	70
Fig. : 67 Soldadura sujeción inferior.....	70
Fig. : 68 Sujeción inferior posición 1.....	70
Fig. : 69 Continuación de elaboración sujeción.....	70
Fig. : 70 Anclaje barra central a motorización .....	72
Fig. : 71 Anclaje de silla a barra central.....	72
Fig. : 72 Anclaje barra central silla final.....	72
Fig. : 73 Anclaje silla a barra central.....	72
Fig. : 74 Fabricación barra central final.....	72
Fig. : 75 Optimización unión motorización - b.c.....	72
Fig. : 71 Fabricación barra central.....	72
Fig. : 70 Fabricación barra central.....	72
Fig. : 78 Fabricación palometa tope barra central.....	73
Fig. : 79 Anclaje b.c. a motorización .....	73
Fig. : 80 Soporte sujeción inferior pintado.....	73
Fig. : 81 Soporte sujeción inferior.....	73
Fig. : 82 Doblado barra inferior silla.....	74
Fig. : 83 Fabricando barra inferior silla.....	74
Fig. : 82 Doblado barra inferior silla.....	74
Fig. : 82 Soldadura barra inferior silla.....	74
Fig. : 86 Superando rampas.....	75
Fig. : 87 Superando bordillos.....	76
Fig. : 88 Prueba de frenada.....	77
Fig. : 89 Prueba de giro y tracción.....	78

Fig. : 90 Prueba de giro y tracción .....	78
Fig. : 91 Joi'n'Joy.....	87
Fig. : 92 Enganche central instalado en la silla.....	88
Fig. : 93 Joi'n'joy anclado a la silla.....	88
Fig. : 92 Propuesta de mejora .....	95



# 1. PRESENTACIÓN

## Introducción

Este proyecto de final de grado se centrará en el desarrollo de una motorización acoplable a sillas de ruedas, en especial a sillas de ruedas plegables, ya que actualmente el mercado de este tipo de motorizaciones se centra mayoritariamente en un público activo. Este, por lo general, es usuario de silla de ruedas de chasis rígido. Por este motivo, nuestra motorización tratará de ampliar el mercado de las motorizaciones a un público más sedentario que, en gran mayoría, es usuario de silla de ruedas plegable.

Para el buen desarrollo del proyecto y por tal de abordarlo teniendo en cuenta todos los distintos puntos de vista posibles se trabajará con la aplicación de metodologías ágiles y aprovechando la interdisciplinariedad y el trabajo en equipo. Además, se estará en contacto con distintos colectivos de personas que trabajan o sufren diversidad funcional, de esta forma se alcanzará un producto totalmente implicado y centrado con el usuario.

La metodología ágil consiste en desarrollar un producto, con un equipo interdisciplinar, enfocándolo a unos requisitos muy pautados y especificados por un cliente. El desarrollo es iterativo, se van tomando pasos hacia a definición del producto marcado por unas etapas donde al final de cada una de ellas se presentará los avances al cliente y se proseguirá a continuar en el desarrollo o corregir el trabajo hecho en la etapa anterior.

Para el desarrollo de este producto se partirá llevando a cabo un estudio previo, por un lado del prototipo de Xavier Duacastilla, por otra parte del estado del arte de los productos existentes. También se desarrollará un estudio de usuario completo para extraer requisitos y la información necesaria para desarrollar un producto centrado en el usuario. Una vez realizados los estudios previos, se empezará con el desarrollo del producto, se definirán sus distintos módulos, de sujeción, eléctrico, mecánico y estructural. Una vez planteado el producto en su totalidad se llevaran a cabo los ensayos experimentales con la construcción del prototipo. Finalmente se elaborará el pliego de especificaciones y su manual de uso.

En las siguientes páginas encontrareis todos estos procesos llevados a cabo, todos los estudios realizados, sus resultados y sus justificaciones. También se complementa con de la documentación necesaria del producto y el proyecto, como son los planos técnicos, la documentación gráfica y la bibliografía.

## **Objetivo**

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar una motorización independiente que ofrezca una solución óptima de sujeción para fusionarla con sillas de ruedas manuales, dando preferencia a las sillas plegables. Basándonos en esto, priorizaremos la usabilidad del producto creando un sistema de anclaje fácil y rápido de manipular sin olvidar que tiene que ser un producto alcanzable económicamente.

## 2. ESTADO DEL ARTE

### 2.1. Producto inicial



Fig. : 1 Xavier Duacastilla con Handiwheel

*"Tengo una silla de ruedas manual y en ocasiones necesito desplazarme por la ciudad pero no quiero renunciar a la silla manual ni quiero una silla pesada motorizada. Se me ocurrió la posibilidad de utilizar las ventajas de un patinete eléctrico de bajo coste y unirlo a mi silla manual."*

*"Tras darle al coco ideé este sistema pasando el motor trasero a la rueda delantera del patinete. El sistema Handiwheel consiste en un sistema casero de sujeción exclusivo que no modifica la silla de ruedas y que permite ser conectado de un modo fácil y cómodo" <sup>2</sup>*

Así describe Xavier Duacastilla como nació su necesidad y como llegó a resolverla desarrollando un producto innovador para él mismo, la motorización independiente para sillas de ruedas de la cual parte este proyecto.

El producto está compuesto por una rueda, un motor, una batería y un manillar, además de todos los componentes electrónicos y estructurales necesarios. Este permite desplazarse por la ciudad sin problemas de forma ágil y cómoda.

#### 2.1.1. Ventajas y desventajas

La mayoría de usuarios de sillas de ruedas se mueven por interiores con una silla manual debido a su agilidad y su reducción de espacio en comparación con una silla eléctrica, pero en cuánto necesitan un desplazamiento habitual largo optan por una silla de ruedas motorizada. La motorización desarrollada por Xavier Duacastilla permite a los usuarios tener libertad de largos desplazamientos sin necesidad de obtener una segunda silla de ruedas eléctrica. Ofrece un producto híbrido y versátil. Además del valor añadido deportivo y de ocio que ofrece, ya que está demostrado que a los usuarios les gusta más manipular un manillar de esta morfología que un joystick o cualquier comando convencional.

2.- Fuente: [www.handiwheel.wordpress.com/](http://www.handiwheel.wordpress.com/)

El producto ofrece varias ventajas y facilidades, además de ofrecer autonomía para largos recorridos y subidas con agilidad, ofrece ligereza, versatilidad y sencillez. La ventaja más importante pero es su fácil y rápido montaje a la silla de ruedas, lo que facilita muchísimo su uso a los usuarios.

A pesar de que su sistema de sujeción sea fácil y rápido de usar tiene mal acabado con soldadura, como se puede mostrar en la fotografía, por lo que le transmite vibraciones. Además, tiene una sujeción central tomada por un cordel.

La motorización *Handiwheel* ofrece una movilidad mucho más óptima a todos sus usuarios pero sus usuarios deben tener por ahora una silla con una estructura de chasis rígido, actualmente ha sido costoso encontrar un buen sistema de sujeción para aquellos usuarios que tienen una silla de ruedas plegable con cruceta, justamente las sillas más usadas habitualmente. Así pues, aquellos usuarios con sillas plegables no pueden disponer de una motorización independiente para su silla.



Fig. : 2 Sujeción Handiwheel

### 2.1.2. Características técnicas

Las especificaciones más interesantes de la motorización que ofrece Xavier, el *Handiwheel*, son las que se presentan a continuación. En su página web de internet se podrá consultar más detalles.<sup>3</sup>

- **Autonomía:** La autonomía dependerá de la batería que se coloca en la motorización, el mismo aconseja valorar dependiendo de las necesidades de cada quién a escoger. Una batería de litio de 24 voltios y 9 amperios tiene una media de 15 kilómetros, si se utiliza una batería de 20 amperios puede ofrecer hasta 30 kilómetros de batería.
- **Marcha atrás:** se trata de un motor eléctrico de bobina y contactos de escobillas tan. Xavier y sus compañeros han colocado un interruptor inversor de polaridad para hacer que la motorización tenga marcha atrás.
- **Pendientes:** Xavier describe que *"El grado de inclinación que soporta es el normal, no superior a 18 grados pero suficiente para deambular por la calle"*. Afirma haber ido por las calles del barrio de Lavapiés de Madrid con grandes pendientes en algunas calles y haber superado la prueba.

3.- Fuente: [www.handiwheel.wordpress.com/](http://www.handiwheel.wordpress.com/)

- **Medidas:** El *Handiwheel* sobresale unos 30 centímetros de la silla sin exceder del 1,2 metros, medida que se menciona en la normativa para utilizar transportes públicos.

### 2.1.3. Despiece y coste

El coste del *Handiwheel* se presenta en la tabla siguiente:

Elementos		Coste
<b>Patinete</b>	Manillar, rueda, motor, sistema de freno, cadena, piñón, controlador, acelerador.	325€
<b>Batería</b>	<i>Dependerá de las necesidades y elección del usuario</i>	600€
<b>Construcción</b>	Mano de obra y material	700€
		<b>TOTAL: 1.625€</b>

Tabla 1: Tabla de costes del *Handiwheel*

## 2.2. Productos similares.

Hay diversos sistemas de propulsión acoplables a sillas de ruedas manuales en el mercado. Podemos clasificarlos según los accione el mismo usuario de la silla o estén pensados para facilitar el transporte a un acompañante.

### 2.2.1. Accionados por acompañante

Los motores de acompañamiento son el sistema de propulsión más económico. Suele estar constituido por un dispositivo con el motor y una o dos ruedas que se ubica debajo del asiento en la parte posterior.



Se accionan con una palanca situada en el agarre para el acompañante. Por ejemplo la imagen a continuación corresponde al motor de ayuda PowerGlide

Fig. : 3 Motorización accionada por acompañante

### 2.2.2. Accionados por el usuario

En estos casos podemos diferenciar entre si el control de la dirección es electrónico o si se controla con un manillar.

#### Control electrónico



Fig. : 4 Motorización por control electrónico

En el primero de los casos vemos productos muy similares al del anterior caso de motor para acompañante pero accionados por un Joystick. Por ejemplo el *U-drive*:

Otros modelos cambian el sistema de motorización por motores HUB en las ruedas traseras. Es una solución más ligera pero de mayor coste que la anterior. En la siguiente imagen se muestra el *E-fix de Alber*.



Fig. : 5 Motorización motor HUB

#### Control mediante manillar

En esta categoría se incluyen los productos más parecidos a nuestro producto. La mayoría incorporan una rueda tractora delantera de gran tamaño. El acoplamiento se produce en la parte anterior de la silla.



Fig. : 6 Motorización con manillar Batec

Por ejemplo **Batec**, este comercializa un sistema acoplable delantero tanto eléctrico como manual o híbrido.

Otros modelos representativos son el **Firefly**, el **mySlave** **Lomo litio**. Las diferencias principales entre ellos se producen en el anclaje a la silla de ruedas, que trataremos posteriormente.



*Fig. : 7 Motorización con manillar mySlave*



*Fig. : 8 Motorización con manillar Firefly*



*Fig. : 9 Motorización con manillar mySlave*



A continuación se muestra una **tabla comparativa** de distintos parámetros relevantes de productos similares con manillar, los más parecidos a nuestro producto,

Las dimensiones (anchura x altura x longitud) se refieren al dispositivo de arrastre sin tener en cuenta la silla de rueda a la que se acoplan. La longitud es una dimensión crítica dado que suele estar limitada por normativa en el uso de transportes públicos. El peso debe ser fácilmente manejado y tanto la autonomía como el precio son factores muy importantes para el usuario. Se incluye también información sobre el motor i la batería dado que si bien no es un valor al usuario sirve de orientación respecto a la elección para el diseño del producto.

	<b>BATEC</b>	<b>MYSLAVE</b>	<b>FIREFLY</b>	<b>LOMO LITIO</b>
Dimensiones (cm)	51x85x105	Sin datos	Sin datos	53x90x48
Peso total (kg)	18,9	8,4	15	15,7
Autonomía (km)	25-30	20	24	25
Motor	500W, 36V	200W, 36V	220W, 24V	250W, 36V
Batería	litio 9 Ah	Litio 4,4 Ah	Litio 10 Ah	Litio 8,3 Ah
Precio aproximado (€)	4200	2200	2000	3900

Tabla 2: Tabla comparativa de productos similares



## 3. ESTUDIO DE USUARIO

### 3.1. Introducción

Este proyecto está desarrollando un producto con un diseño centrado en el usuario, llamado técnicamente en inglés *user experience design*. Se trata de un método de trabajo que permite que productos, sistemas o aplicaciones tengan una elevada usabilidad y sean competitivas tanto en el ámbito funcional como comercial. Además se utiliza metodologías ágiles de trabajo.

El objetivo principal de esta metodología es lograr la satisfacción del usuario potencial consiguiendo un producto con una alta usabilidad, para ello se deberá conocer las necesidades, limitaciones y comportamientos del usuario y conseguir involucrar al usuario en el propio desarrollo del producto.

Para llevar a cabo este objetivo se deberá seguir las fases y pautas que conlleva la metodología, se trata de un funcionamiento de desarrollo iterativo, de prueba y error. A medida que se van tomando pequeños pasos hacia la definición del producto, se elaboran resultados tangibles rápidos, se muestran al usuario y este irá aceptando la continuidad o la repetición del procedimiento.

Las fases de elaboración de un producto siguiendo esta metodología son cuatro: la especificación del **contexto de uso**, identificando su usuario y la funcionalidad del producto; la especificación de los **requisitos**, serán las conclusiones extraídas de la primera fase; la **producción de soluciones**, el desarrollo del producto; y la **evaluación** del producto final.

Pues bien, a continuación en este mismo apartado se encontrará el desarrollo de las dos primeras fases, la especificación del usuario y la especificación de los requisitos. Para ello se procederá a elaborar un estudio de usuario empleando dos técnicas de indagación, con el objetivo de identificar los requerimientos del usuario y poderlos agrupar y especificar en la segunda fase. Las técnicas que se utilizarán serán la entrevista a expertos y el cuestionario a usuarios.

## 3.2. Especificación de contexto de uso

### 3.2.1. Entrevista

Se realizará una entrevista extensa al usuario potencial del proyecto, Xavier Duacastilla, de ella se tratará de extraer todo tipo de requisitos del producto, las necesidades del usuario, las motivaciones para usar el producto, sus actitudes y problemas no previstos.

La entrevista se trata de un método directo y estructurado para recoger información muy útil en la fase de indagación. Está puede ser abierta o cerrada, en este caso será estructurada y se preparará previamente pero será abierta a nuevas preguntas instantáneas.

#### *Preparación – elaboración*

Las preguntas que se han preparado son las siguientes:

- *¿Cómo empezó la idea?*
- *¿Cómo la desarrollaste?*
- *¿Cómo elaboraste el sistema de sujeción?*
- *¿Alguien te aconsejó a lo largo del proceso de fabricación?*
- *¿Cuánto duró el proceso de elaboración del Handiwheel?*
- *¿Cómo han ido surgiendo los distintos modelos y mejoras?*
- *¿Otros usuarios te han inspirado o aportado nuevas ideas?*
- *¿Qué inconvenientes ves en el Handiwheel?*
- *¿Qué te gustaría mejorar y optimizar?*
- *¿Qué ventajas tiene el Handiwheel que consideres imprescindibles?*
- *¿Qué ha sido aquello que más ha satisfecho a los usuarios del Handiwheel?*
- *¿Qué ha conseguido el Handiwheel?*

## Resultados

### - ¿Cómo empezó la idea?

Cuando me encontré con el reto de ir a talleres de danza o actuaciones que tenía que ir con mi silla manual pero por distancia a recorrer no podía hacerlo de modo manual pero no podía bailar con una silla eléctrica motorizada. O sea recorrer grandes distancias de manera rápida sin renunciar a la silla manual.

### - ¿Cómo la desarrollaste?

Busqué en la red soluciones de motorización extraíbles e independientes a la silla de ruedas. Descartando la mayoría por el precio, peso, y tamaño.

Pase a buscar elementos ya motorizados pero que no tuviesen como destino a las personas con movilidad reducida, de este modo encontrar aparatos de fabricación masiva abaratando así el precio...

Encontré patinetes eléctricos y seleccioné aquellos que tuviesen rueda pequeña, potencia suficiente pero no excesiva para salvar desniveles y que no necesitaba que corrieran demasiado, solo lo suficiente.

Primero pensé en como subirme al patinete directamente con la silla de ruedas pero lo descarte pues una vez bajado del patinete era complicado cargar a peso el patinete entero y decidí transformarlo en algo compacto en una sola rueda delantera.

### -¿Cómo elaboraste el sistema de sujeción?

Fue fácil pues al tener silla manual de chasis rígido, tan solo tenía que lograr engánchalo, levantar ruedas y que no se soltara con el uso... Digo que fue fácil pues solo tenía que diseñar un enganche para mi silla y no un enganche universal para cualquier tipo de silla.

### -¿Alguien te aconsejó a lo largo del proceso de fabricación?

Al carecer de espacio y herramientas adecuadas, desde el principio, busque quien bajo mis directrices efectuará la transformación.

Entre los dos encontramos las soluciones, pues dos cabezas piensan mejor que una, pero al ser la otra persona sin movilidad reducida siempre acababa dirigiendo yo las modificaciones.

### -¿Cuánto duró el proceso de elaboración del Handiwheel?

Un mes más o menos en total pero no tiempo lineal pues dedicábamos el tiempo a otras labores...

### -¿Cómo han ido surgiendo los distintos modelos y mejoras?

Se han hecho varios *Handiwheels* distintos, ya porque los pacientes primeros dejaron de fabricarse y tuvimos que buscar otros y porque debimos hacerlos a medida de otras sillas de chasis rígido de otros modelos.

La marcha atrás, por ejemplo ha sido una mejora que ha surgido por la necesidad de maniobra.

*-¿Otros usuarios te han inspirado o aportado nuevas ideas?*

Más bien ha sido el tiempo y el uso del *Handiwheel* lo que me ha condicionado a mejorarlo.

*-¿Qué inconvenientes ves en el Handiwheel?*

Que no puede subir aceras sin rampa o no puede ir por la arena de la playa o que no vuela. Jeje.

*-¿Qué te gustaría mejorar y optimizar?*

Enganche universal para sillas rígidas y plegables.

Minimizar reparaciones y mantenimiento.

Que pudiese ser usada por personas con lesiones medulares altas que tienen afectados también los brazos, tienen poca fuerza y tacto que les dificulta accionar el acelerador y el freno.

*-¿Qué ventajas tiene el Handiwheel que consideres imprescindibles?*

Su pequeño tamaño que permite poder circular por espacios reducidos y/o ascensores, rampas y elevadores de transportes públicos.

*-¿Qué ha sido aquello que más ha satisfecho a los usuarios del Handiwheel?*

Lo que acabo de decir en el apartado anterior más que nos permite más independencia y autonomía... Y no tener que tener dos sillas, una ligera para casa y otra pesada para desplazarse

*-¿Qué ha conseguido el Handiwheel?*

Resultar un dispositivo de bajo coste que puede ser reproducido por licencia *CreativeCommons* que puede proporcionar movilidad a personas con pocos recursos.

### 3.2.2. Cuestionarios

Además de la recogida de información del usuario potencial se procederá a recopilar nuevos requisitos e información varia de otros usuarios del producto. Se realizará un cuestionario que completaran veinte personas que usan un producto similar o que podrían usar en un futuro próximo el producto.

La técnica del cuestionario es una técnica de recogida de información de una población muestra que responden preguntas cerradas individualmente. Con ella obtendremos información precisa y cuantificable, además de motivaciones del usuario y se indagará sobre la usabilidad de los productos existentes.

*Preparación – elaboración*

El cuestionario que se ha pedido responder a los usuarios es el siguiente:

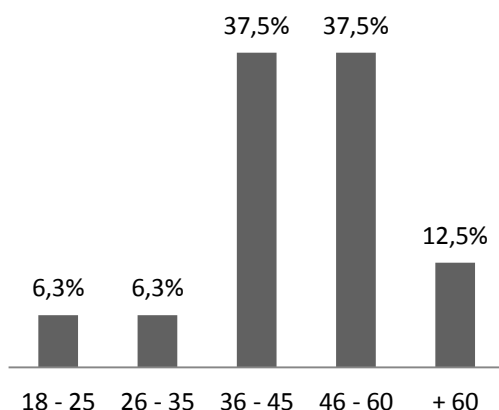
1. Rango de edad:  
18-25  
25 – 35  
35 – 45  
45 – 60  
60 – 70  
+70
2. Sexo:  
Hombre  
Mujer
3. ¿Practica algún deporte?  
Sí  
No
4. En caso afirmativo, ¿cuál?  
\_\_\_\_\_
5. ¿Trabaja o estudia?  
Sí  
No
6. ¿Colabora en alguna asociación o entidad?  
Sí  
No
7. ¿Utiliza silla de ruedas manual plegable o de chasis rígido?  
Plegable  
Rígida
8. ¿Utiliza una silla autopropulsable?  
Sí  
No
9. ¿Utiliza ya una motorización complementaria a su silla manual?  
Sí  
No
10. En caso afirmativo, ¿qué marca y qué modelo es?  
\_\_\_\_\_
11. ¿Cuántos kilómetros aproximadamente puede recorrer al día con su silla por la calle?  
Menos de 5km  
De 5 a 10km  
De 10 a 15km  
De 15 a 20km  
Más de 20km
12. ¿Cuánto dinero estaría dispuesto a gastar en una motorización para su silla de ruedas?  
Menos de 1000  
De 1000 a 2000  
De 2000 a 2500  
De 2500 a 3000  
Más de 3000

13. ¿Conoce el movimiento “do it yourself” (hazlo tu mismo) en el ámbito de la diversidad funcional?
- Si  
No
14. En caso afirmativo. ¿Se ha inspirado en alguna de las ideas difundidas o ha desarrollado algún producto?
- Si, ejemplo \_\_\_\_\_  
No
15. ¿Cuál es su opinión respecto el movimiento hazlo tu mismo?
- Lo considero algo muy positivo y necesario que puede aplicarse a casi todo tipo de productos.
  - Lo considero algo muy positivo para ideas poco complejas pero no para aquellos productos que implican una seguridad.
  - No me he interesado mucho hasta el momento, pero no me importaría conocerlo.
  - Los productos son demasiado poco fiables respecto los convencionales y prefiero seguir obteniendo mis productos como hasta el momento.
16. Escoja la opción con la que se sienta más identificado, teniendo en cuenta sus habilidades y su posible presupuesto.
- Prefiero obtener un producto ya preparado para su uso, con la instalación a la silla efectuada por un técnico.
  - Prefiero obtener un producto preparado para su uso pero me veo capaz de hacer la instalación y ajuste a la silla.
  - Me veo capaz de realizar el ensamblaje del producto, con por ejemplo uniones roscadas.
  - Me veo capaz de obtener algunas de las piezas para el montaje del producto a partir de unas especificaciones dadas.
17. La estética del producto...
- Es un factor decisivo en la elección del producto.
  - Es algo a tener en cuenta y puede influir en la elección de productos similares a pesar de una diferencia de precio moderada.
  - Es algo no relevante para mí.

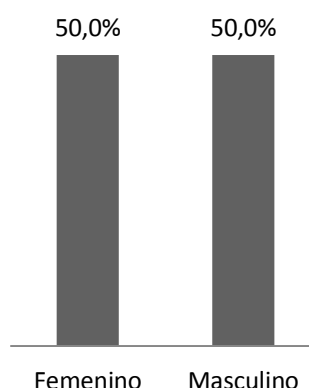
Este ha sido colgado en la plataforma web *e-encuesta.com* y se ha ido difundiendo y pidiendo de contestar en distintas fundaciones, entidades y asociaciones del país. Se ha contactado con el movimiento asociativo de personas con discapacidad física *Ecom*, el cual lo ha distribuido a distintas entidades asociadas al movimiento, con la entidad de *Esclatec* y con usuarios del *Handiwheel* conocidos de Xavier Duacastilla.

## Resultados

### 1. Rango de edad

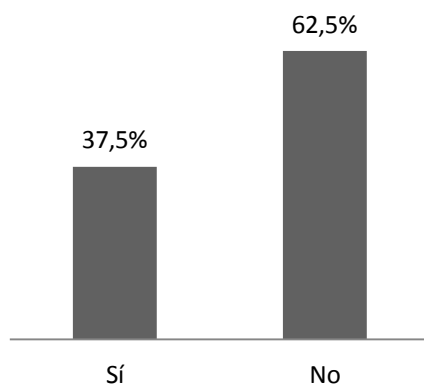


### 2. Sexo



Estas preguntas se realizan para definir el perfil del usuario y asegurarse que el público de usuarios que ha respondido la encuesta ha sido variado y por lo tanto las respuestas y conclusiones extraídas serán más generales y por lo tanto, más fiables. Como se puede comprobar en las gráficas anteriores, las siguientes cuestiones han sido respondidas por usuarios con una variedad de edades significativa y además el género casualmente ha sido totalmente bien repartido, la encuesta ha sido respondida por hombres y mujeres equitativamente.

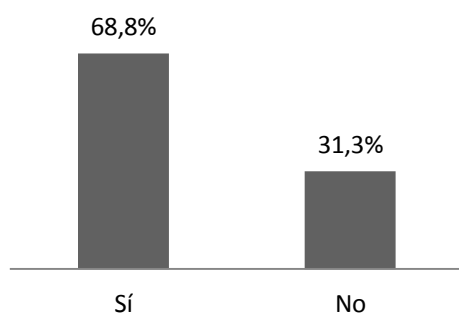
### 3. ¿Practica algún deporte?



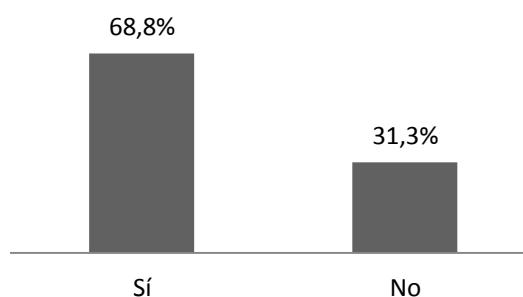
### 4. En caso afirmativo ¿Qué deporte practica?

- Natación
- Yoga
- Hipoterapia
- Gimnasio
- Danza integrada
- Esquí
- Quadrugbi

### 5. ¿Trabaja o estudia?



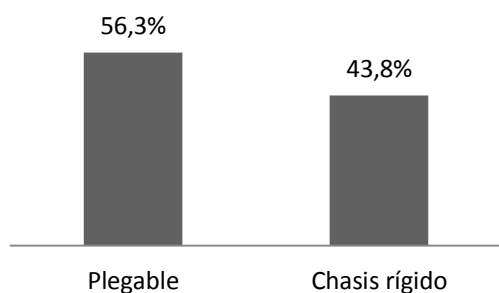
### 6. ¿Colabora en alguna asociación o entidad?



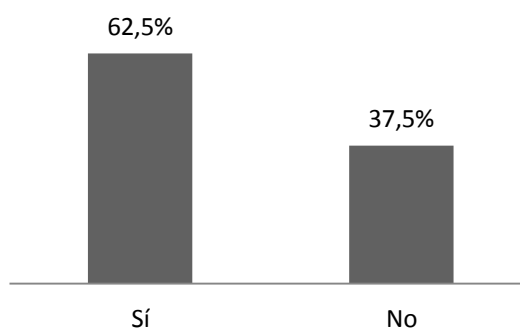
Las cuestiones anteriores han sido realizadas por tal de tantear un conocimiento de qué tipo de rutinas y costumbres tienen los usuarios, si llevan unas vidas más activas o más bien sedentarias. El hecho de practicar algún deporte, estudiar, trabajar o colaborar en alguna asociación o entidad ya conlleva seguramente de que se trata de una persona activa con compromisos y/u obligaciones.

Por las respuestas obtenidas se llega a la conclusión que mayoritariamente el usuario lleva una vida más bien activa con algún tipo de compromiso, gana el sí a trabajar o estudiar y el colaborar en alguna asociación o entidad antes que el no. Respeto a practicar algún deporte el 62,5% indica que no, aún así se cree que un 37,5% de personas que se mueve en silla de ruedas afirme que hace algún deporte en especial ya es un número elevado y puede mostrar un perfil de usuario activo y dinámico en general.

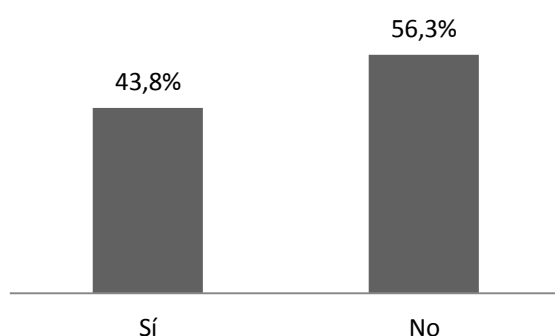
**7. ¿Utiliza silla de ruedas manual plegable o de chasis rígido?**



**8. ¿Utiliza una silla autopropulsable?**



**9. ¿Utiliza ya una motorización complementaria a su silla manual?**



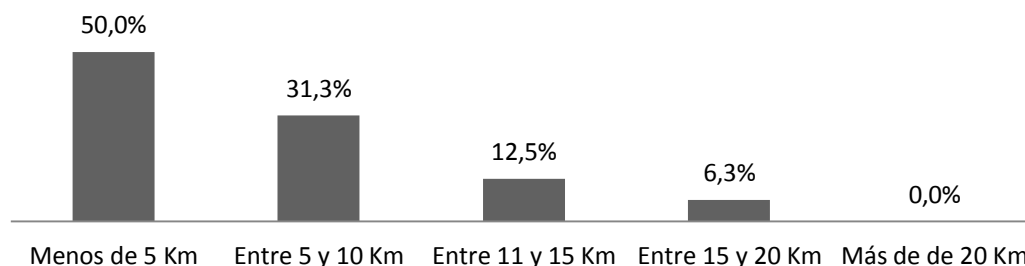
**10. En caso afirmativo ¿Qué marca y qué modelo es?**

- BatecHandbikeelectric
- E-fix
- Silla eléctrica INVACARE
- Stricker Lomo Litio
- Batecelectric
- MeyraEurospint

Estas respuestas nos ayudan a extraer más información de los usuarios, por una banda qué tipo de sillas y por otra si ya utilizan motorizaciones parecidas y qué modelos. De este modo se podrán tomar decisiones a lo largo del desarrollo del producto valorando cuáles son las sillas o motorizaciones más utilizadas.

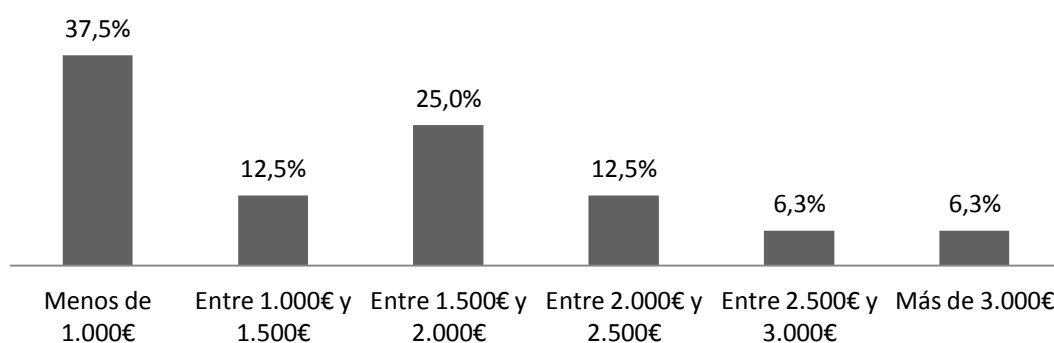


**11. ¿Cuántos kilómetros aproximadamente puede recorrer al día con su silla por la calle?**



Esta pregunta es muy interesante para el desarrollo del sistema eléctrico. La elección de componentes del sistema eléctrico será un factor muy importante en el desarrollo del producto total, este no solo influirá en la funcionalidad del producto sino en lo más importante, en el presupuesto. Vistas estas respuestas un producto que ofreciera unos 20 Km aproximadamente de autonomía ya sería suficiente.

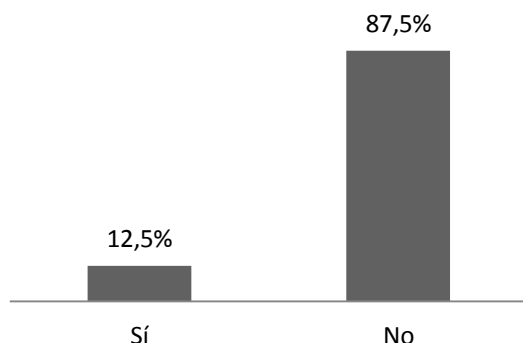
**12. ¿Cuánto dinero estaría dispuesto a gastar en una motorización para su silla de ruedas?**



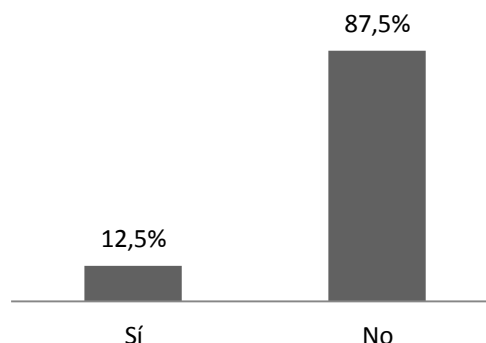
Un factor muy importante para valorar la viabilidad del producto, además de su funcionalidad, es el presupuesto cuyos usuarios estarían o podrían estar dispuestos para gastar en una motorización independiente para su silla de ruedas manual. A partir de estos resultados, de esta gráfica que se observa en la parte superior, se tomaran unas elecciones u otras.

Como se puede observar una minoría muy alta estaría dispuesto a gastarse más de 2.500€ en este producto. De estos resultados se extrae que los usuarios buscan una alternativa barata a lo que se encuentra en el mercado y el precio medio por el que están dispuestos a pagar esta sobre unos 1.500€, aunque la mayoría estaría dispuesto a gastarse menos de 1.000€.

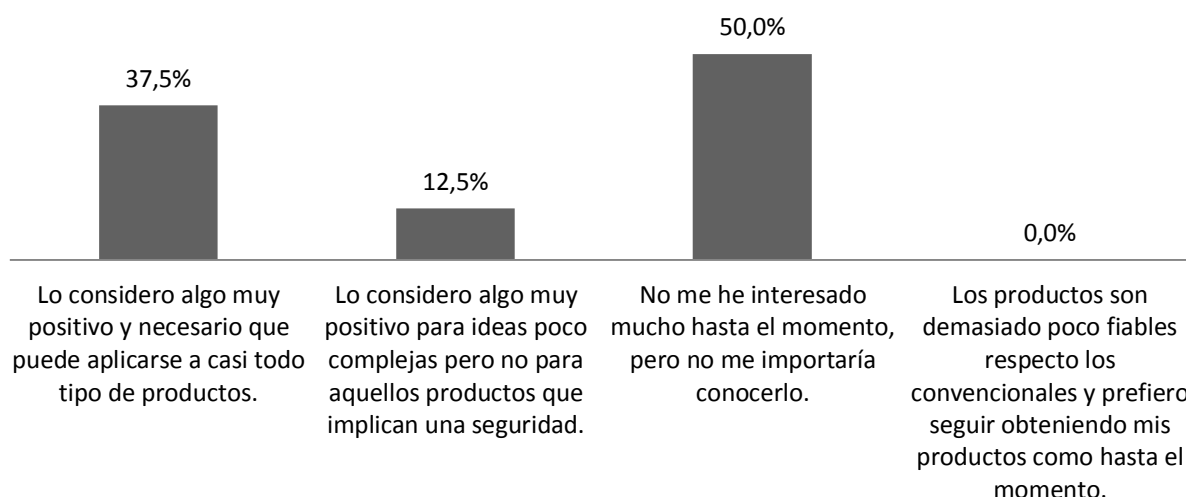
**13. ¿Conoce el movimiento “Do it yourself” (hazlo tu mismo) en el ámbito de la diversidad funcional?**



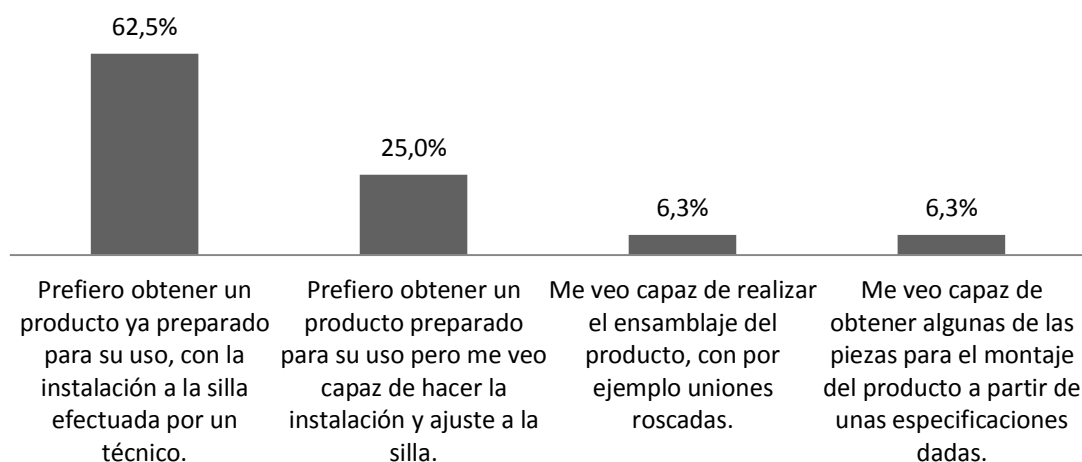
**14. En caso afirmativo. ¿Se ha inspirado en alguna de las ideas difundidas o ha desarrollado algún producto?**



**15. ¿Cuál es su opinión respecto el movimiento hazlo tu mismo?**



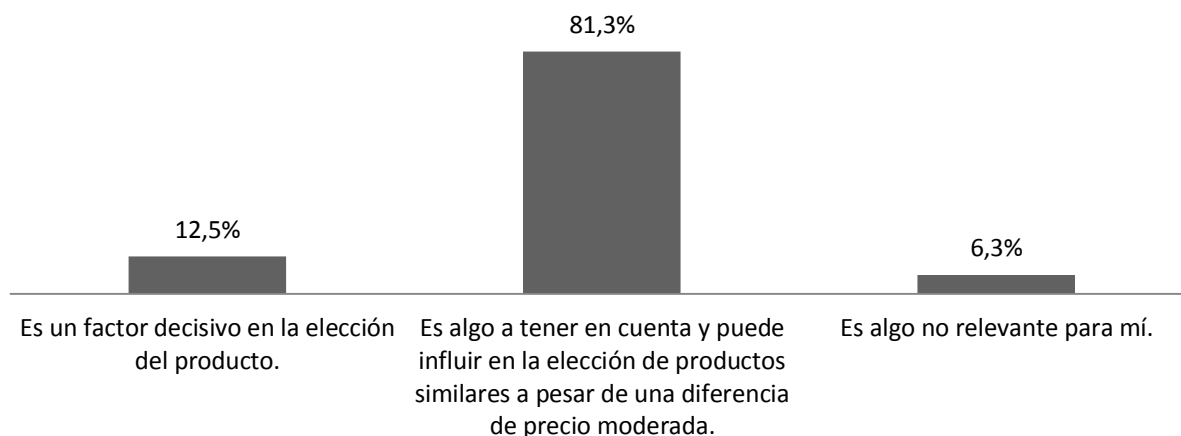
**16. Escoja la opción con la que se sienta más identificado, teniendo en cuenta sus habilidades y su posible presupuesto.**



Las cuatro preguntas realizadas anteriores han sido realizadas con la intención de valorar hacer un producto con información libre en la red aportando un soporte técnico. De este modo, en el caso afirmativo que el presupuesto disponible por parte de los usuarios fuera bajo podría quizá ser disminuido, el producto podría ofrecer una forma alternativa de venta más económica. Además podría ser una promoción de las nuevas ideas tecnológicas de aproximar la fabricación digital a la población y sus grandes virtudes. Para ello era interesante conocer hasta qué punto son próximos los usuarios a este tipo de ideas, qué tipo de habilidades poseen y con la pregunta 16 conocer hasta qué punto estarían dispuestos en colaborar en el montaje de su motorización.

Los resultados han sido un poco negativos pero nada fuera de lo normal, la gran mayoría desconocen totalmente movimientos de háztelo tu mismo y la minoría que los conoce no parece haberse beneficiado ni mucho menos haber participado. Aún así pero las respuestas en cuánto la opinión son todas muy positivas y se muestra una actitud de ambición de conocimiento así como de confianza. A pesar de estas respuestas, con la siguiente se muestra como de momento están lejanos de este tipo de consumo de productos y en la pregunta 16 gana con un 62% el preferir un producto convencional ya preparado para incorporar en su silla de ruedas. Aún así pero se tendrá que valorar ese 38% que estaría dispuesto a realizar algunos montajes en su motorización si influyera positivamente en el precio.

#### 17. La estética del producto...



Por último, una pregunta importante a tener en cuenta es qué importancia le dan a la estética de un producto. Los resultados han sido, como se muestra en la gráfica, que un 81,3% se muestra apático respecto a la estética, reconoce que puede influir en la elección del producto pero no será un factor ni decisivo ni no relevante en el momento de escoger un producto. Así pues, en el desarrollo del producto se deberá priorizar pero teniendo en cuenta que su valoración e importancia no es elevada y quizá otros factores como el precio, el peso, el espacio serán más relevantes para los usuarios.

### 3.3. Especificación de los requisitos

#### 3.3.1. Recopilación de requerimientos

Las conclusiones de las técnicas de indagación se extraen en forma de requerimientos, estos son los siguientes:

- **Producto económico:** se trata de un producto el cual ya se encuentra de forma similar en el mercado, aún así son productos que implican un coste muy elevado para adquirirlos y muchos de los usuarios interesados en él se encuentran con dificultades o imposibilidades para comprarlo, así pues, se pretende conseguir un producto funcional que use métodos de fabricación económica y piezas estandarizadas para una tirada pequeña.
- **Sujeción universal:** Se pretende conseguir un sistema de sujeción adaptable a todo tipo de sillas de ruedas de la manera más sencilla posible. Actualmente, el *Handiwheel* y productos similares ya se adaptan a las sillas de chasis rígido de forma cómoda, pero falta conseguir un buen sistema para aquellas que plegables con cruceta.
- **Minimizar mantenimientos y reparaciones:** Se debe conseguir un producto el cual permita realizarle un buen mantenimiento des del propio usuario. Y poder resolver las reparaciones necesarios o bien por el propio usuario o bien por un técnico no especializado en el producto.
- **Ampliar opciones de manillar:** El producto debería poder llegar a ser funcional para distintas personas con diversidad funcional, sería ideal poder llegar a ofrecer una gama variada de comandos para distintos usuarios.
- **Dimensiones reducidas:** Para que el usuario tenga total libertad de desplazamientos con un producto de este estilo por normativa debe el conjunto (silla más motorización) no medir más de 1,25 metros de extremo a extremo, de este modo podrán viajar en transporte público y usar la mayoría de ascensores. Así pues un requisito indispensable es que cumpla esta normativa.
- **Marcha atrás:** El producto debe permitir al usuario retroceder sin necesidad de voltearse, de este modo agiliza mucho más sus movimientos y reduce sus necesidades de espacio.
- **Autonomía:** La autonomía que resultaría optima, según las encuestas, para los usuarios sería de unos veinte kilómetros.

#### 3.3.2. Estado del arte de las sillas de ruedas potenciales

Si bien hay bastante variación en la geometría de las sillas de ruedas manuales, podemos dar dos criterios relevantes para su clasificación. Por funcionalidad distinguimos entre sillas activas, semi-activas/estándar y pasivas, mientras que por construcción distinguimos entre sillas de chasis rígido y plegable.

El producto está orientado a usuarios activos, o más sedentarios pero con bastante movilidad, así pues nos centraremos en las sillas semi-activas o estándar y en las sillas activas.

- *Sillas Estándar o semi-activas*

No suelen diferenciarse en su estructura, siendo su principal diferencia a nivel de peso y maniobrabilidad. Por ejemplo en la siguiente imagen puede observarse un modelo estándar uno activo. Las dos presentan los típicos cuadros laterales, existen tanto modelos plegables como rígidos. Las más habituales son las plegables suelen incorporar una cruceta entre los dos cuadros que limita el espacio disponible debajo del asiento.

Hay que destacar que las barras del reposapiés no són rígidas y suelen acoplarse a la barra vertical delantera de los cuadros laterales



*Fig. : 10 Ejemplos de sillas semi-activas*

*Sillas Activas*

Estos modelos presentan un chasis ligero y minimalista comparado con las anteriores. La estructura lateral tiene forma de "L" que presenta diversos grados de inclinación. Si



*Fig. : 11 Ejemplos de sillas activas*

bien existen modelos plegables estas sillas suelen ser rígidas.

Se dispone de mucho espacio libre debajo del asiento y en este caso la parte acoplable del reposapiés esta mucho más cerca del suelo que en las estándar

Así pues, se presenta una clasificación de dos tipos de sillas manuales donde se puede distinguir un diseño estructural distinto, cada clasificación tiene una geometría

estructurales característica a tener en cuenta en el diseño: los cuadros laterales típicos de estándar y semi-activas y las barra laterales en forma de "L"

## 4. MÓDULO DE SUJECCIÓN

### 4.1. Estudio previo

#### 4.1.1. Estado del arte en productos similares

En cuanto a anclaje, podemos considerar similares a nuestro producto aquellos que se conducen con un manillar por el usuario, sean impulsados eléctricamente o manualmente. Descartamos consecuentemente los sistemas de motorización para acompañante y aquellos que se accionan con un joystick.

En el mercado encontramos muchos productos que nos pueden orientar a la hora de plantear el diseño de la sujeción. A continuación comentaremos, donde y como se anclan distintos productos representativos.

#### - BATEC ELECTRIC



Fig. : 12Batec

Si bien en el modelo estándar la barra central es rígida, en el caso de sillas plegables se puede instalar una barra abatible al desanclarla de uno de los extremos. De este modo se puede seguir plegando la silla.

Requiere de la instalación de una barra central ajustable que se ancla a la silla mediante abrazaderas. Esta barra incorpora en el centro un sistema de anclaje rápido patentado para incorporar el BATEC que se acciona fácilmente a un manillar.

Como se puede observar la barra se instala en un segmento horizontal de la barra en el caso de las sillas rígidas.



Fig. : 13 Soporte Batec

#### - FIREFLY



Fig. : 14Firefly

En este caso el anclaje es lateral, en la silla se instalan dos abrazaderas por lado (en distinta posición según el espacio disponible en las barras).

Estas abrazaderas incorporan el anclaje donde se fija el *Firefly*. Hay que destacar que los puntos de anclaje inferiores se realizan estando las

ruedas traseras en contacto con el suelo mientras que los superiores se anclan al levantar la silla.

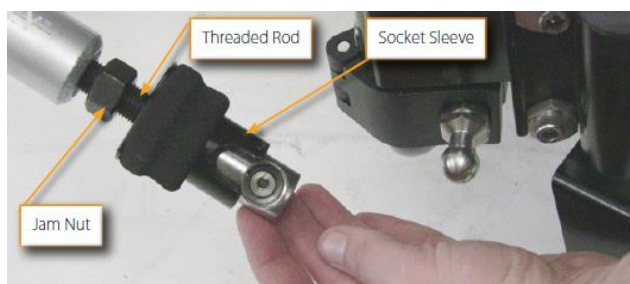


Fig. : 15 Sujeción Firefly

Al incorporar únicamente las abrazaderas a la silla, este sistema es plegable.

#### - MYSLAVE

Este modelo presenta un anclaje lateral (uno por lado) al que se le incorpora una barra central que es donde se produce el anclaje con el sistema de arrastre. El sistema es plegable sin la barra central. Que deberá ser retirada en ese caso. Es difícilmente compatible con sillas tipo estándar plegables dado que a la altura a la que se fija este solo disponen de las barras del reposapiés.



Fig. : 16mySlave

#### - ARMBIKE

Es un modelo de bicicleta accionada manualmente que se acopla de forma similar al Firefly.



Fig. : 17Armbike

Como se puede apreciar se instalan cuatro abrazaderas también. A la hora de acoplarse en este caso las barras superiores son las que se anclan antes de levantar la silla. Parece un sistema pensado exclusivamente para sillas de chasis rígido.

#### - LOMO LITIO



Fig. : 18 Lomo Litio

Es otro modelo de handbike pensado para sillas rígidas. Tiene como particularidad que no precisa de ninguna instalación en la silla de ruedas. Se acopla frontalmente a la silla con dos abrazaderas que se aprietan con unas manivelas.

Aparte de mostrar distintas soluciones en el acoplamiento se puede apreciar que la mayoría de productos están orientados a sillas rígidas y suelen hacer uso de las barras verticales frontales para agarrarse.

La siguiente tabla resume las principales características mencionadas:

	Anclaje lateral/central	Plegable	Rapidez
BATEC	central	parcialmente	Muy elevada
mySlave	central	parcialmente	elevada
Armbike	lateral	no	media
Firefly	lateral	si	media
Lomo Litio	lateral	no	elevada

Tabla 3: Tabla resumen sistemas de sujeción de productos similares

#### 4.1.2. Requisitos

A continuación se presenta un listado de condicionantes específicos que se deberá tener en cuenta para el desarrollo de nuestro sistema mecánico de sujeción, una serie de conceptos mínimos que deberán cumplirse para satisfacer al usuario y conseguir un producto viable para el mercado.

- **Mecanismo universal:** conseguir un mecanismo compatible con todo tipo de sillas de ruedas manuales activas o semi-activas, tanto si son plegables como si son de chasis rígido.
- **Economización de espacio:** el mecanismo deberá evitar que la silla ocupe demasiado espacio, se deberá tratar de conseguir el mínimo espacio posible. Así facilitará las movilidades interiores.
- **Ergonomía y usabilidad:** deberá ser un diseño que facilite la interacción con el usuario, que tenga en cuenta su antropología y morfología y no ocasione



ninguna incomodidad, ni posición antinatural. También pues, se deberá tener en cuenta el peso de las piezas, estas deberán ser ligeras.

- **Economización de fabricación y materiales:** se pretende conseguir un producto plenamente funcional sin olvidar un requisito indispensable, que el producto sea económico. Por lo tanto, se trata de buscar un mecanismo económico, con una fabricación sencilla y buscar los mejores materiales calidad – precio.

#### 4.1.3. Desarrollo

##### *Estudio estructural*

Después de realizar el extenso estudio de mercado mostrado de los diferentes tipos de productos similares, de sillas de ruedas manuales así como de sus puntos y mecanismos de anclaje se ha proseguido a estudiar los posibles puntos de anclaje de la motorización a la silla de ruedas. Para ello se ha buscado aquellos puntos que pudieran ser comunes para la mayoría de sillas de ruedas, pudiendo así crear un producto lo más sencillo, universal y económico posible adaptable a la gran mayoría de sillas que podemos encontrar en el mercado.

En la siguiente imagen se muestran los posibles puntos de anclaje que podrían usarse para anclar el producto, se han buscado aquellos puntos que se encuentran en la gran mayoría de estructuras y son resistentes.



*Fig. : 19 Esquema puntos comunes de anclaje.*

Después de este estudio se extraen algunas conclusiones. A simple vista parece que se puede encontrar algún punto en común entre los dos tipos de estructuras, estos puntos pero, como se observa en la fotografía, son puntos que se encuentran en la

parte superior por lo que implica tenerlos de descartar, ya que debido al sistema de fuerzas que realizará la motorización el sistema de sujeción deberá encontrarse en la parte inferior de la silla.

Visto pues que el punto de anclaje deberá ser inferior y que debido a la diferencia de estructuras no existen puntos en común se considera la opción de realizar sistemas de anclaje distintos, un sistema de anclaje para sillas plegables, que será el prioritario debido a la falta de oferta en el mercado, y otro para las sillas rígidas.

Por otra parte, se considera añadir una sujeción central para equilibrar las fuerzas y evitar grandes estribadas en la parte superior en el momento de una posible frenada brusca. Se trata de un punto el cual no deberá soportar mucha fuerza ya que al estar en un lugar más cerca del punto de masas no recibirá tanta tensión. Aún así, se buscaran puntos comunes en las distintas sillas que sean suficientemente resistentes.

Se deciden los puntos de anclaje inferiores y centrales, representados en la fotografía inferior, para cada tipo de silla de ruedas. Se trata de unos puntos que además de ser comunes en las sillas de ruedas, estructuralmente son resistentes y podrán soportar la fuerza ejercida, además de encontrarse en una buena altura para su funcionalidad.

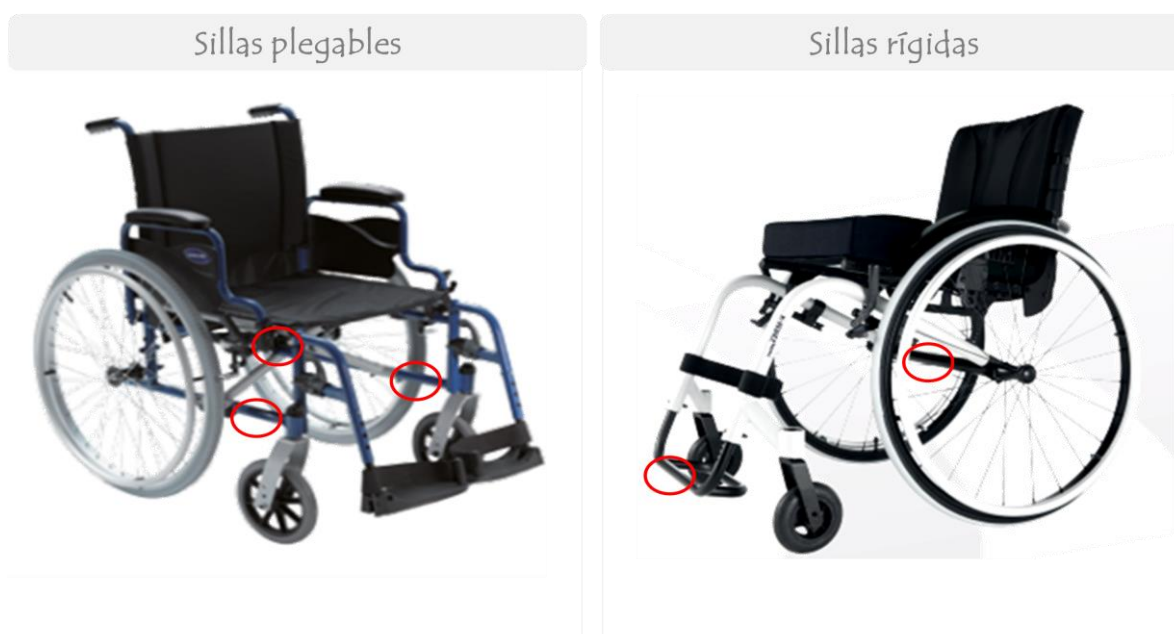


Fig. : 20 Esquema puntos comunes de anclaje posibles.

#### Estudio del sistema de anclaje

Después del estudio estructural realizado, se decide que el sistema de anclaje se hará en 2 partes: **soporte**, la parte del enganche que se fijará en la silla sin necesidad de tener que quitarlo para plegar, en el caso de las sillas plegables, o desmontar la silla, en el caso de las sillas de chasis rígido; **sistema fijación**, la parte que unirá a la parte fijada en la silla con nuestro aparato.

#### - Estudio soporte

Una vez pensado como será el conjunto del enganche, el desarrollo empieza por centrarse en la parte que irá fijada en la silla desde el primer día que queramos usar el aparato.

Después de obtener varias propuestas se extrae la conclusión de que, como en la silla plegable el anclaje será más complejo y por lo tanto más caro, se crearán dos anclajes distintos para los dos tipos de sillas. De esta forma el usuario que tenga una silla de ruedas rígida no tendrá que pagar más por una fijación que a él no le va a hacer falta para el tipo de silla que utiliza y pueda optar a una fijación más sencilla, más barata y con una posible mayor durabilidad gracias a su sencillez.

- Primera fase de desarrollo

La gran mayoría de anclajes inventados hasta ahora se han creado pasando por la parte delantera, en cambio, este caso, esta fijación se hará por detrás de las piernas del usuario, dejando así, espacio para las piernas en la parte delantera.

En la imagen siguiente se muestran los prototipos de los dos tipos de soportes que fueron creados para esta primera parte del conjunto:



Fig. : 21 Primeros prototipos de sistemas de soporte.

Para **sillas plegables** se creó un mecanismo que permite plegar la silla de la misma manera que se pliega la silla. Para ello se optó por crear dos barras articuladas a los extremos conjuntamente con un anclaje que rodee por completo nuestra barra a la que nos anclaremos en la silla. Esa solución podría ser perfectamente la idea de una potencia de bicicleta articulada, como la que se observa en la fotografía, sin ser fija. Estas dos barras articuladas van unidas mediante otras dos barras que se unen entre ellas justo en el centro del mecanismo con un casquillo y un pasador que les permita moverse libremente en un plano perpendicular o paralelo al suelo, dependiendo de donde enganchemos el mecanismo a la silla.

Para las **sillas rígidas** el mecanismo es algo más sencillo. Ya que no necesitamos que este mecanismo se pliegue, lo único que necesitamos es la barra central en forma de 'U' donde en sus extremos colocaremos unas rótulas, las cuales podamos dejar fijas una vez colocadas en la posición deseada, unidas a las fijaciones que deben anclar este sistema a la silla. Las rótulas son necesarias para poder anclarnos a cualquier tipo de sillas rígida, ya que la forma de estas sillas suelen ser diferentes de unas a otras con diferentes ángulos en sus barras.

Este primer diseño permite dar la opción para sillas plegables y para sillas de chasis rígido, además permite que al ser un soporte por la parte trasera economice espacio del conjunto (silla más motorización), esto permite facilitar las movilizaciones interiores. Otro punto positivo es su usabilidad, es un sistema de soporte que se coloca un primer día y permite al usuario seguir haciendo uso de su silla de ruedas como siempre, no aumenta el tiempo de pliegue o desmontaje de la silla. Además se trata de un diseño económico y ligero.

Aún así pero, después de varias objeciones se observa que el sistema implica añadir un soporte a las sillas de chasis rígido el cual es innecesario porque existen modelos los cuales se anclan directamente en la zona inferior del reposapiés. Además de complicar el sistema mecánico que anclará la motorización al soporte, ya que seguramente implicará tratarse de una barra central que se ancla al soporte en el centro. Esta solución es poco usable para el usuario, puede ocasionar muchas incomodidades debido a la obligación de tener una barra entre las piernas.

- Segunda fase del desarrollo

Debido a las objeciones anteriores se procede a seguir estudiando y diseñando un sistema de soporte alternativo al anterior. En esta segunda fase, buscando la alternativa a la idea anterior, se descarta añadir soporte para sillas de ruedas de chasis rígido. Se observa que la barra estructural del reposapiés de estas ya puede ser un buen soporte y común en todas las sillas plegables. Así pues, se procede a buscar una barra de soporte en las sillas de ruedas plegables que cumpla la misma finalidad que la barra inferior de las sillas de chasis rígido.

La solución propuesta es la siguiente:



*Fig. : 22 Segundo prototipo de sistema de soporte.*

Se trata de aprovechar la estructura de sujeción de los reposapiés para situar una barra en forma de U a la cual la motorización podrá acoplarse de forma rápida y sencilla.

Por otra parte, se considera la necesidad de un soporte sencillo central, un soporte que permita ofrecer una mayor rigidez al anclaje situado a una altura superior. La solución que se propone es la de situar una barra telescópica, para ofrecer universalidad al producto y que sea compatible con las distintas silla de ruedas, con una pinza en el extremo, situada en la parte de articulación de la cruceta. En la fotografía se observa la construcción de la idea para un prototipo experimental.



*Fig. : 23 Prototipo de sistema central.*

Esta idea fue prototipada y llevada a una experimentación. Se contactó con el usuario directo, Xavier Duacastilla y se acopló su motorización a la silla plegable de experimentación. A continuación se presenta documentación gráfica.



Esta opción resulta muy resolutiva, es altamente económica y de sencilla fabricación,



*Fig. : 24 Primera prueba experimental.*

ofrece facilidad de uso y funcionalidad. Además como se observó en la prueba experimental de resistencia, y se puede observar en los videos vinculados, el sistema soporta bien las aceleraciones y frenadas así como las velocidades y peso del usuario.

Aún así se extrajeron puntos de mejora y contras. A pesar de su resistencia en la experimentación se deberían reforzar las pinzas de sujeción de los reposapiés, ya que no están hechas para soportar esos esfuerzos y puede ocasionar deformidades y roturas de tal manera que ofrece un riesgo al usuario mientras el uso de la motorización. Otro punto a mejorar muy importante y relevante para considerar otras ideas es que este sistema coloca la motorización demasiado alejada del usuario, de tal forma que el conjunto ocupa mucho más espacio que el previsto.

- Tercera fase de desarrollo

A partir de esta prueba experimental, se revaloran los requisitos y nacen nuevas ideas. La idea principal es la llevada a cabo en el siguiente prototipo y que será la idea del diseño definitivo. Se trata de dos barras tubulares fijas ancladas a las sillas plegables que juntas formaran una morfología similar a los reposapiés de una silla rígida por lo que permitirá tener un enganche rápido, económico y funcional. En el siguiente apartado, se presenta el diseño final.

## - Estudio de la fijación

Paralelamente se han ido estudiando distintas ideas de soporte se han ido desarrollando también y valorando ideas de sistemas mecánicos para realizar el anclaje des de la motorización al sistema de soporte fijo que se plantea.

### • Primera fase de desarrollo

Desarrollada la primera fase de desarrollo de sistemas de soporte, se empezaron a elaborar las primeras ideas de sistemas mecánicos para la fijación. A continuación se muestran las distintas ideas que se plantearon. Las ideas inferiores, la IDEA 1, la IDEA 2 y la IDEA 3, son ideas de sistemas mecánicos pertenecientes a la motorización, las ideas 4 y 5 son otras opciones de soporte que fueron mencionadas pero descartadas rápidamente.

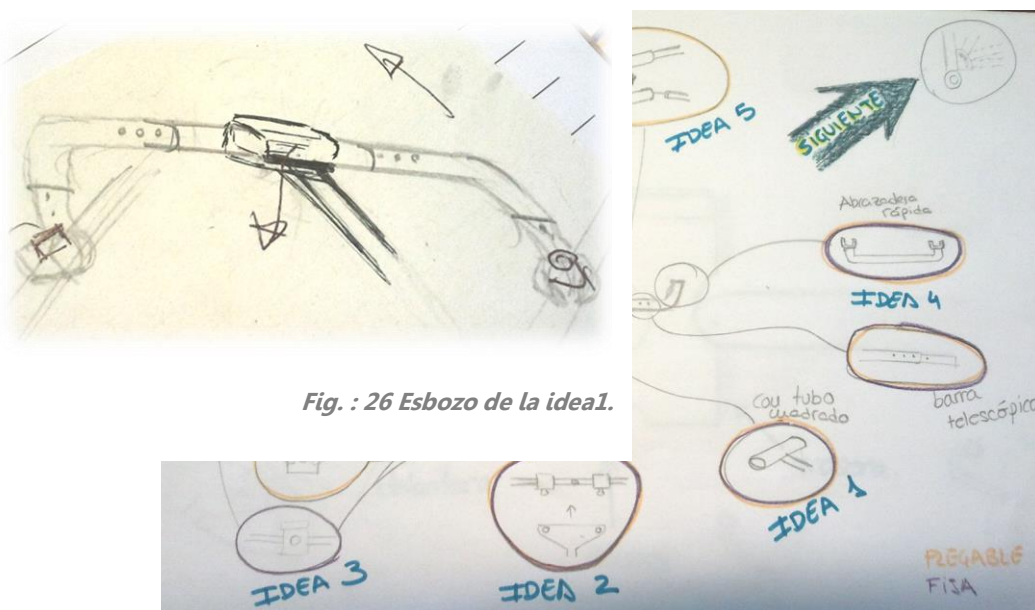


Fig. : 25 Esbozo de las distintas ideas planteadas

La primera idea, la **IDEA 1**, se trata de una pinza que se engancharía a la barra inferior. Se plantea como idea a desarrollar pero se deja a un lado debido su posible complejidad para que cumpla su funcionalidad de resistencia a la vez evitando la deformación del sistema de soporte. Además podría resultar incomodo para el usuario el hecho de añadir una pinza y una barra de ciertas magnitudes a la motorización.

La **IDEA 2**, trata de un mecanismo inspirado en el anclaje de uno de los productos similares, el *MySlavey* fusionado con la *Idea 1*. Este soluciona el hecho de la debilidad de la pinza de solo usar un punto central pero aumenta la incomodidad para el usuario, ya que la magnitud del sistema de anclaje crece y dificulta su ergonomía. Además ofrece poca ligereza e incluso un exceso de sujeción.

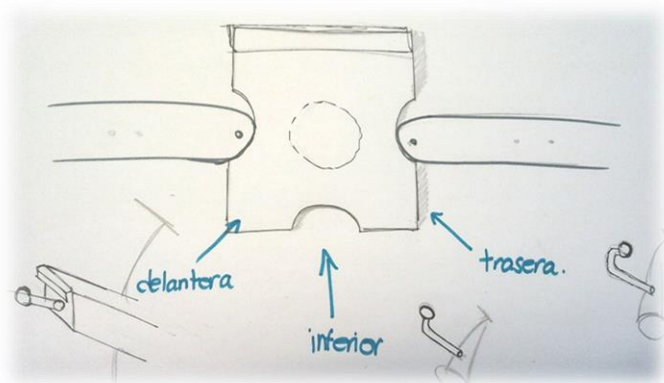


Fig. : 28 Esbozo de la idea3.

La **IDEA 3**, plantea una pieza central que permite la articulación de la barra de soporte y que ofrece una hendidura para insertar un mecanismo perteneciente de la motorización. Esta idea pieza ofrecía más simplicidad respecto a las anteriores en el sistema perteneciente a la motorización, funcionalidad y usabilidad para el usuario así como una aparente mayor

resistencia, aún así podía ocasionar una deformidad a torsión y el diseño de la pieza parecía complejo por lo que implicaba mayores costes.

- *Segunda fase de desarrollo:*

Una vez descartado el sistema de soporte de la primera fase, la barra fija articulada o con rótulas, con él, se dejan a un lado los sistemas mecánicos anteriores planteados paralelamente y se plantea perfeccionar el sistema mecánico de sujeción de la motorización que se toma de modelo, el Handiwheel. Se trata de una pinza que se inserta a la barra de soporte por la parte inferior, de tal modo que levanta la silla. Esta idea será la definitiva y se presenta en el siguiente apartado junto a todo el conjunto.



Fig. : 27 Prototipo sistema de anclaje.

## 4.2. Diseño

### 4.2.1. Sujeción inferior

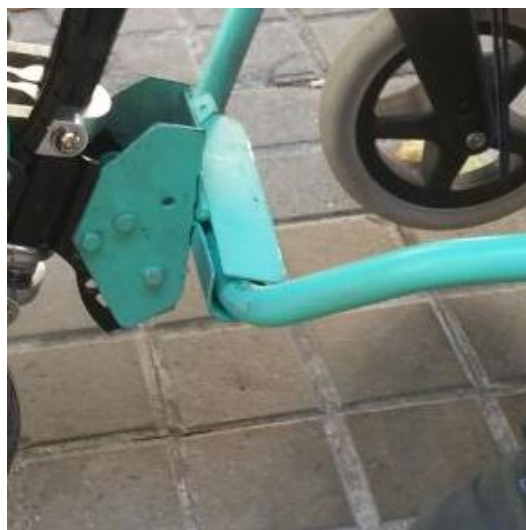


Fig. : 29 Sujeción inferior.

La sujeción inferior como se ha mostrado anteriormente y se puede observar en la fotografía se compone de una pinza incorporada en la motorización. En el caso que el usuario disponga de una silla plegable con cruceta deberá incorporar una barra tubular extraíble para ofrecer un soporte a la pinza.

La pinza queda unida, mediante tornillos, con las planchas laterales a la dirección del manillar de manera paralela, de tal forma que permite al usuario tener una muy cómoda conducción del producto. Esta



tiene una morfología tubular que se introduce en la barra de reposapiés, perteneciente a la silla en el caso de silla de chasis rígido, o bien a la barra extraíble en el caso de una silla plegable.

Para fijar la pinza a la silla y asegurar su anclaje la pinza dispone de una tapa con una bisagra que presionada por un muelle se mantiene cerrada. Para retirar la sujeción se deberá destensar el muelle mediante un cable y una maneta que se encuentra en la parte superior del manillar.

El soporte extraíble para las sillas plegables está compuesto por un tubo con unas dobleces que permiten el encaje perfecto a la silla, evitando todos los posibles obstáculos. Este tiene medio tubo soldado a un lateral que permite acoplar y fijar de forma resistente a la silla plegable. Las sillas plegables, como se observa en la fotografía, tienen un tornillo, será de aquí dónde se unirá esta barra extraíble. Se añadirán unas palometas para permitir así facilidad para la extracción de la barra.



*Fig. : 30 Soporte sujeción inferior.*

El material de estos elementos es tubo y planchas de acero de un espesor de 1,5mm. Se trata de un material extremadamente resistente y económico.

#### 4.2.2. Sujeción central



*Fig. : 31 Sujeción central*

La sujeción central se trata de una barra telescópica ajustable, según la medida de la silla del usuario, que junto a un pequeño enganche que se fija en la silla, de forma permanente, permite anclar la motorización de manera fácil y rápida y ofrecer rigidez y resistencia a las frenadas. La barra telescópica queda unida a la motorización mediante una pequeña dirección. En las siguientes fotografías podemos ver estas tres partes:

El material de estas piezas también es acero. Se trata de una barra telescópica estandarizada, una plancha de acero doblada con unos agujeros y un pasador, para el enganche, y un tubo que permite ofrecer dirección con dos planchas soldadas que permiten unir y articular la barra mediante un pasador.

Esta barra telescópica tiene una corte en su extremo con una morfología que permite anclarse al enganche permanente que se sitúa en la silla.

Cuando la motorización esta de forma independiente sin anclarse a la silla, como se observa en la fotografía, el manillar dispone de un enganche que permite fijar la barra central y evitar molestias al usuario.



*Fig. : 32Clip sujeción central*

#### 4.2.3. Justificación

Como se ha podido mostrar anteriormente, con esta sujeción se puede afirmar haber resultado el requisito principal, una sujeción universal que permita anclarse tanto a una silla plegable como a una silla de chasis rígido.

Esta sujeción consigue además crear un conjunto que cumple las medidas mínimas dimensionales. Como dice la normativa y así lo exigen los usuarios, para poder utilizar este tipo de productos en transportes públicos y ascensores debe medir como máximo 1,20 metros el conjunto y sus dimensiones de ancho no deben ser más anchas que la silla para no tener impedimentos con puertas. Pues bien, este producto cumple la normativa general y su anclaje se hace por la zona central y no por los laterales, de tal forma, que no implica complicaciones respecto a las puertas.



*Fig. : 33Silla elevada con la sujeción*

El sistema de enganche es altamente intuitivo y funcional. La morfología de la pinza da a entender rápidamente como se usa el mecanismo y su anclaje es rápido, no comporta ningún roscado ni apriete. Además, este sistema de pinza delantero entrando de abajo hacia arriba permite alzar la silla (requisito indispensable para el funcionamiento de la motorización) sin ejercer ningún tipo de esfuerzo gracias al sistema de palanca que hace el manillar.

Por lo que respeta a la sujeción central, sigue la misma línea, una vez anclada la pinza y la silla elevada, se encajará la barra central en cuestión de segundos enganchándola gracias a su morfología en la pieza fijada en la silla.

La fabricación de los componentes de este método de sujeción son muy sencillos para la funcionalidad que ejercen. Se trata de unas piezas, que deberán soportar mucho esfuerzo, pero a la vez debía ser un sistema económico y ligero. Eso se ha conseguido realizar mediante tubos y planchas de acero con morfologías sencillas algunas soldadas y otras dobladas.

Así pues, como se ha justificado, se trata de un modelo de sujeción que ha conseguido cumplir todos aquellos requisitos que fueron planteados inicialmente por los usuarios. Se trata de un mecanismo universal, funcional, que cumple la normativa dimensional y resulta económico.

#### **4.2.4. Características técnicas**

En el anexo de planos técnicos se encuentran los planos de fabricación de estas piezas.

## 5. MÓDULO ELÉCTRICO

### 5.1. Requisitos del sistema

A continuación se presenta un listado de condicionantes específicos que se deberá tener en cuenta para el desarrollo i la elección de componentes del sistema eléctrico para satisfacer al usuario y conseguir un producto totalmente funcional.

- **Impermeabilidad:** todos los componentes del sistema eléctrico deberán ir protegidos de las distintas condiciones meteorológicas para evitar deterioros o averías.
- **Economización del peso:** el sistema eléctrico deberá tener componentes lo mínimo pesados posibles, esto facilitará la funcionalidad del producto así como optimizará su potencia y autonomía. En función de la calidad – precio que se quiera conseguir u ofrecer deberán escogerse unos componentes u otros.
- **Autonomía:** El producto deberá ofrecer una autonomía al usuario para desplazarse durante todo el día sin dejar que se agote la batería. Así pues, la batería deberá estar capacitada para funcionar durante unos 20 Km aproximadamente.
- **Potencia:** La potencia del motor deberá tener como mínimo unos 250W, para ofrecer una velocidad adecuada así como una buena aceleración. La velocidad máxima permitida legalmente en España es de 15 Km/h, así que no se recomienda usar un motor de más de 500W. El motor aconsejado es de unos 300W.
- **Aceleración y desaceleración suave:** Para ofrecer al usuario un producto usable y cómodo deberá tener una arranque suave sin estribadas. El control deberá tener un buen tacto, deberá ser activado sin esfuerzos pero no demasiado sensible. A la vez, el motor deberá aumentar las revoluciones de forma graduada
- **24V:** Los voltios recomendados para el sistema son de 24, ya que tendrá más capacidad de almacenaje que 12V.

## 5.2. Descripción del funcionamiento del sistema

El funcionamiento del sistema eléctrico se esquematiza en la siguiente figura:

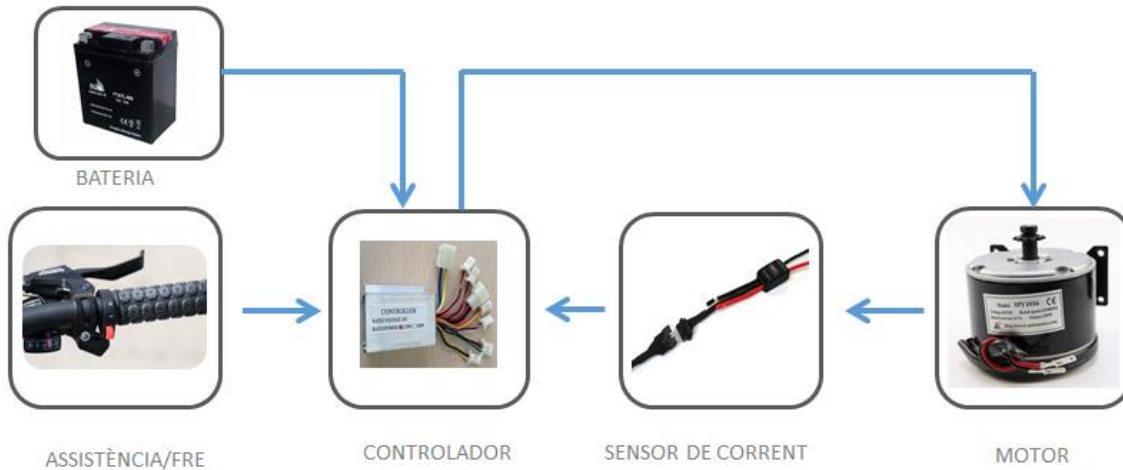


Fig. : 34 *Prototipo sistema de anclaje.*

Cuando giramos la maneta del acelerador, el sensor Hall genera una señal en función del giro que el controlador hace corresponder a determinada corriente de salida hacia el motor. Mediante un lazo cerrado con un sensor de corriente se asegura el control de esta señal de salida.

Por último hay que considerar que solo se suministra corriente cuando el sensor que hay en el freno detecta que hay contacto. Al accionar el freno se impide el contacto y mediante el controlador se impide proporcionar corriente al motor, imposibilitando así acelerar y frenar a la vez.

## 5.3. Especificaciones técnicas y descripción de los componentes

### 5.3.1. Motor

#### a. Especificaciones técnicas:



Fig. : 35 Especificaciones técnicas del motor.

Modelo: *United MY1016*

Potencia: 250W

Voltaje: 24V

Amperaje: 13,7A

Velocidad (no Load): 3.350 r.p.m.

Rated Velocidad: 2.650 r.p.m.

Corriente (no Load): 1,6A

Rated Corriente: 13,7A

Peso: 1,95 Kg

Eficiencia:  $\geq 78\%$

Escobillas: 4

Rueda dentada: 11 dientes y 25 cm de diámetro

Tipología del motor: DC (corriente continua) con diseño de imán permanente

Dimensiones: 110 x 110 mm

#### b. Descripción:

Se trata de un motor convertidor electro-mecánico de energía, llamados de corriente continua, o también de corriente directa. Estos motores transforman la energía eléctrica en mecánica provocando un movimiento rotatorio gracias a la acción del campo magnético.



Fig. :  
del motor.

En el caso de la motorización, el motor conseguirá impulsar las ruedas y todo el conjunto gracias al engranaje de 11 dientes (que se observa en la fotografía) y a una cadena de transmisión que conseguirá mover la rueda.

Este motor es capaz de invertir su rotación, por lo que permitiría ofrecer al usuario la marcha atrás con un pequeño cambio en el controlador o en la polaridad de las baterías. Además este puede ser activado con un controlador de velocidad con lo que permite ofrecer aceleración.

### 5.3.2. Batería

#### a. Especificaciones técnicas:



Modelo: *Dong Jing YTX7L-B2*

Voltaje: 12V

Capacidad nominal: 7Ah

Peso: 2,2 Kg

Tipología del motor: de gel

Dimensiones: 100 x 65 x 150 mm

Se conectarán dos en serie para sumar 24V.

**Fig. : 37 Ejemplo funcionamiento del motor**

#### b. Descripción

Esta batería es con válvula reguladora (VRLA) del tipo batería seca, su electrolito está inmovilizado. Se trata de una batería de gel, que contienen el electrolito en estado gelatinoso, esto se produce a partir de la agregación de ácido silícico al ácido sulfúrico, con ello se consigue que estas no puedan liberar ácido en caso de movimientos no deseados o roturas. Así pues, eso significa que se reduce totalmente el riesgo a la corrosión en elementos y componentes cercanos a ella.

Este tipo de baterías, además de las ventajas mencionadas, tienen una alta resistencia de ciclos de carga y descarga, por lo que permiten la recarga en caso de descarga profunda. Además no precisa de mantenimientos y su gasificación es reducida.

Estas baterías, tanto las de gel como cualquiera VRLA, no requieren ventilación y pueden estar en cualquier posición en su montaje. Esto implica que en su montaje puedas optimizar espacio del producto.

### 5.3.3. Control

#### a. Especificaciones técnicas



Modelo: Nanjing DMHC

Radio de potencia: 200W – 1.500W

Voltaje: 24V

Límite de corriente: 15 A +/-1<sup>a</sup>

Voltaje de protección: 31,5V +/-0,5V

Tipología: Para motores con escobillas.

Dimensiones: 9,3 x 6,7 x 3,2 cm

**Fig. : 38 Controlador**



### b. Descripción

El sistema de control es un conjunto de dispositivos para dirigir o regular el comportamiento de un sistema. En el caso de la motorización se usa para las funcionalidades que observamos en la imagen.

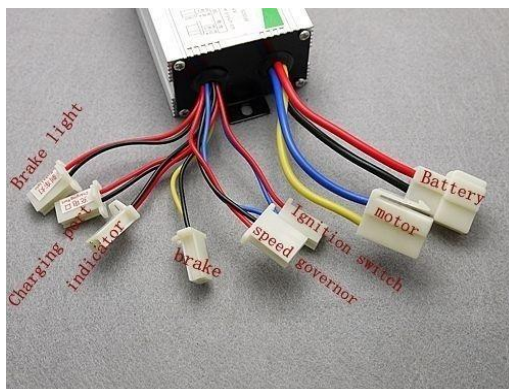


Fig. : 39 Funcionamiento del controlador

- **Battery:** Gracias a estos conectores el controlador recibe la energía necesaria para funcionar
- **Motor:** Con estos conectores el controlador envía la información al motor pidiendo más o menos potencia, más o menos revoluciones.
- **Ignitionswitch:** Servirá para enviar la información de encender o apagar el sistema.
- **Speedgovernor:** Estos conectores transmiten la información de la velocidad que pide el usuario a través del regulador de velocidad.
- **Brake:** Será el freno, cuando el usuario active el controlador enviará la información al motor para que este desacelere.
- **Brake light:** Este conector permite transmitir la energía y la información de activación hasta la luz, situada en el manillar, que indica que el usuario está frenando.
- **Indicator:** Este conector, igual que el anterior, se encarga de enviar la energía y la señal para encender la luz indicadora que la motorización esta en carga.
- **Chargingpart:** Este último es el encargado de transmitir la energía a la batería para recargarla.

Existen dos tipos de controladores, aquellos que la salida se genera dependiendo de la entrada, llamados lazos abiertos, y aquellos que la salida depende de consideraciones y correcciones por la retroalimentación, lazos cerrados. En este caso, no se necesita que el controlador procese respuestas o correcciones ya que simplemente se necesita que envíe señales de información y energía. Por lo tanto, se usará un sistema de control de lazo abierto.

### 5.3.4. Acelerador

#### a. Especificaciones técnicas



Fig. : 40 Acelerador.

Modelo: *WuxingM-926688122*

Voltaje: 24V

Peso: 200 gramos

Dimensiones: 13 x 3,2 cm



*b. Descripción*

Se trata de un acelerador sencillo que trabaja a 24V, compatible con el sistema. Además, su característica relevante es el indicador de batería, complemento casi imprescindible de la motorización, ya que, el cliente deberá ser consciente de que autonomía tiene en cada momento. Este se conectará a 3 cables, a los polos de la batería, positivo y negativo, y al de señal, el del controlador, azul.

## 6. MÓDULO MECÁNICO

### 6.1. Descripción del módulo

Este módulo del producto está compuesto por aquellos elementos mecánicos los cuales permitirán ofrecer funcionalidad al producto, se trata de aquellos elementos indispensables dinámicos, no eléctricos, para su funcionamiento. Estos elementos son los que se presentaran a continuación en este apartado y se pueden observar en la siguiente imagen:



- Rueda
- Freno
- Plato
- Piñón
- Cadena
- Amortiguación

*Fig. : 41 Módulo mecánico*

### 6.2. Rueda

#### 6.2.1. Requisitos

La rueda de la motorización es la rueda motriz y directriz responsable del avance de la silla. Las características de la rueda influyen tanto en la transmisión de potencia, como en el guía de la trayectoria así como en la absorción de irregularidades del terreno y protección frente a este.

Se requiere sobretodo una adherencia adecuada a la potencia motriz y de freno que se pretenda transmitir así como una anchura que asegure estabilidad suficiente.



*Fig. : 42 Neumáticos*

#### 6.2.2. Elección y justificación.

La elección del neumático se ha basado en la correspondencia que puede tener respecto al de un patinete eléctrico similar tanto en peso soportado como en potencia a transmitir.

### 6.2.3. Características técnicas:

Se ha usado un neumático con dibujo de 200x50 reforzado para una llanta de 6,5". Se trata de un neumático sin cámara, lo que supone menor riesgo de pinchazo. Su tamaño relativamente reducido permite una buena maniobrabilidad sin llegar a comprometer su estabilidad.

## 6.3. Cadena

### 6.3.1. Requisitos

La cadena de transmisión tiene determinado su paso por el piñón. Los requisitos que debe cumplir son esencialmente de resistencia a los esfuerzos a los que será sometida. Su longitud debe ponerse en relación a la distancia entre el eje del piñón y la corona para permitir un adecuado tensado de esta.

### 6.3.2. Elección y justificación



Fig. : 43 Cadena

La elección de la cadena se ha basado en la correspondencia que puede tener respecto a la de un patinete eléctrico similar. Ha sido verificado mediante pruebas experimentales su correcto funcionamiento para el prototipo.

### 6.3.3. Características técnicas

Se trata de una cadena de rodillos 25H (norma ANSI, paso de 0,25") de 78 eslabones

## 6.4. Plato

### 6.4.1. Requisitos

El plato tiene determinado su paso por el piñón por lo que en cuanto a requisitos el factor principal a tener en cuenta es que cuanto más grande es menor velocidad se desarrolla pero se obtiene mayor potencia en salida.

Dado que la velocidad máxima está limitada a 15km/h una vez asegurada es preferible un plato mayor que permita disponer de más potencia ya sea para afrontar desniveles como para usuarios pesados.

### 6.4.2. Elección y justificación



La elección del plato se ha basado en la similitud que puede tener respecto a la de un patinete eléctrico similar. Se ha comprobado que ofrece un desarrollo correcto de la transmisión en el prototipo.

Fig. : 44 Plato

### 6.4.3. Características técnicas

Se trata de una corona dentada de 47 dientes de acero templado de módulo 2 y diámetro primitivo 94. Teniendo en cuenta que el piñón incorporado al eje del motor consta de 11 dientes la relación de transmisión es

$$r = \frac{Z_{salida}}{Z_{entrada}} = \frac{47}{11} = 4,27$$

Si tenemos en cuenta una velocidad de motor de 2800 rpm esto implica una salida a 655,7 rpm que para un neumático de 200mm supone una salida de 24,72 km/h, superior pero razonablemente cerca de las velocidades operativas.

## 6.5. Amortiguación

### 6.5.1. Requisitos

Los requisitos que tiene que cumplir la amortiguación serán muy básicos, ya que, debido a la velocidad a la que puede ir la motorización, no tendrá mucha exigencia a la hora de absorber las irregularidades del terreno.

Gracias a poder dotar la motorización con una amortiguación se evita que las vibraciones que pueden provocar las irregularidades del terreno recaigan sobre las diferentes uniones, tanto soldadas como mecánicas, que se pueden encontrar en cada una de las piezas que lo componen.

Aparte de los requisitos funcionales también hay que tener en cuenta los requisitos económicos.

### 6.5.2. Elección y justificación



**Fig. : 45**  
**Amortiguación**

La elección de esta amortiguación ha sido basada teniendo en cuenta un patinete con características similares en cuanto a peso de arrastre y posicionamiento del peso. No se han hecho cálculos específicos sobre esta amortiguación, no obstante, se han hecho pruebas físicas con la amortiguación montada en la motorización comprobando su correcta funcionalidad en diferentes situaciones de uso.

El amortiguador instalado en la motorización es un amortiguador de cuerpo roscado, esto quiere decir que gracias a poder variar la compresión del muelle podemos modificar la dureza para adaptarla a las condiciones en las que normalmente trabajará.

La amortiguación es de un tamaño pequeño, acorde al tamaño de la motorización con unión a ella mediante tornillos pasantes tanto por su parte inferior como por la superior.

## 6.6. Freno

### 6.6.1. Requisitos

Los requisitos principales del freno son poder frenar la capacidad máxima admitida por la motorización.

El freno de cinta se basa en provocar rozamiento entre una banda metálica que desliza sobre un cilindro montado en la rueda, cuya velocidad deseamos regular. Al accionar la maneta de freno que hay en el manillar, aumenta la presión de la cinta sobre el cilindro y produce la frenada.

Aparte de los requisitos funcionales también hay que tener en cuenta los requisitos económicos.

### 6.6.2. Elección y justificación

La elección de este freno ha sido basada teniendo en cuenta un patinete con características similares en cuanto a peso de arrastre y posicionamiento del peso. No se han hecho cálculos específicos sobre este freno, no obstante, se han hecho pruebas físicas con el freno montado en la motorización comprobando su correcta funcionalidad a diferentes velocidades de uso.



Fig. : 46 Freno

El freno está compuesto por una cinta metálica que a su vez está unida a otra cinta de fibra la cual hace contacto con el cilindro metálico al accionar el freno.

## 7. MÓDULO ESTRUCTURAL

### 7.1. Manillar

#### 7.1.1. Requisitos

Los requisitos básicos del manillar son las medidas principalmente. Se tiene que tener en cuenta que cada usuario tiene una altura diferente, por lo tanto debe llevar algún sistema de regulación de altura para poder abastecer a la gran parte de usuarios posibles.

Por otra parte no se puede olvidar la medida del manillar a lo ancho, ya que tiene que ser una medida estándar para asegurar la comodidad del usuario.

Aparte de los requisitos funcionales también hay que tener en cuenta los requisitos económicos.

#### 7.1.2. Elección y justificación

La elección del manillar ha sido basada en la similitud de funcionalidad que puede tener un patinete de características similares en cuanto a peso de arrastre y posicionamiento del peso.

No se han hecho cálculos específicos sobre este manillar, no obstante, se han hecho pruebas físicas con el manillar a diferentes alturas montado en la motorización comprobando su correcta funcionalidad en diferentes situaciones de uso.



Fig. : 47Manillar

#### 7.1.3. Características técnicas

La característica principal que se puede encontrar en este manillar es su regulación de altura.

El manillar dispone de dos fijaciones diferentes para fijar la altura dependiendo de las necesidades del usuario. Por una parte tiene un pulsador, el cual una vez pulsado libera el manillar de su posición y puedes cambiarla bajando o subiendo el manillar teniendo dos posiciones posibles. Por otro lado, si lo que se desea es tener una posición intermedia entre las dos posiciones del pulsador tenemos una rosca justo en la unión del cilindro al que entra el manillar con el manillar con la cual apretando o aflojando esta rosca podemos mover hacia arriba y hacia abajo el manillar.

Cabe destacar que la opción del pulsador no puede ser posible si la rosca de la segunda opción no ha sido aflojada previamente.

## 7.2. Estructura interior

### 7.2.1. Requisitos

El requisito principal de la estructura interior es que permita construir una estructura a su alrededor donde poder instalar las baterías, el motor y la unidad de control. Por otra parte, debe ser lo suficientemente rígida como para aguantar el peso y los esfuerzos entre las uniones ocasionados por el uso de la motorización.

Aparte de los requisitos funcionales también hay que tener en cuenta los requisitos económicos.

### 7.2.2. Diseño y justificación



Fig. : 48 Estructura interna

La elección de la estructura ha sido basada teniendo en cuenta un patinete con características similares en cuanto a peso de arrastre y posicionamiento del peso. No se han hecho cálculos específicos sobre esta estructura, no obstante, se han hecho pruebas físicas de la estructura montada en la motorización comprobando su correcta funcionalidad a diferentes velocidades y situaciones de uso.

### 7.2.3. Características técnicas

El cuerpo principal de la estructura interior está compuesto por un tubo, dentro del cual entra el manillar. Unido a este tubo, por la parte frontal, se encuentran las uniones que unen la suspensión a la estructura principal y a su vez a la estructura que une la rueda con la suspensión.

Y por último, por la parte trasera del tubo, se encuentra una 'horquilla' unida, mediante un tubo con cojinetes, a nuestro tubo principal y a esta parte es a la que se une la sujeción principal de la motorización.

## 7.3. Estructura externa

### 7.3.1. Requisitos

La estructura exterior de la motorización tiene la funcionalidad de contener y proteger los elementos electrónicos del producto a la vez de ofrecer un producto al usuario sencillo, intuitivo, funcional y sobretodo atractivo. Se pretende que este puede hacer una composición unificada de todos los elementos de la forma más optimizada, en cuanto a espacio y a repartimiento de pesos.

Los elementos que deberá contener y mantener unidos para el correcto funcionamiento son el motor, el controlador y las baterías, así como todos los interruptores para la interacción con el usuario.

Como se anotó en las conclusiones del estudio de usuario, los usuarios requieren un producto atractivo y reconocen que su elección puede depender de la estética de este,

no obstante priorizan otras características. Principalmente priorizan la economía, también, antes que la estética, su autonomía y potencia. Por lo tanto, será en este módulo del producto donde se tratará de economizar buscando así la mayor calidad precio y estética, teniendo en cuenta que se trata de un mercado de producto unitario.

### 7.3.2. Diseño y justificación

La estructura exterior que se propone es una carcasa muy sencilla formada a partir de chapas plegadas de acero. Se trata de una estructura resistente, muy sencilla en cuanto a fabricación y montaje y económica. Está formada por dos partes, la estructura principal y la caja de baterías.

La estructura principal se une a la motorización mediante pasadores y casquillos roscados junto a tuercas y arandelas. Esta está formada por 4 partes, el soporte del motor, el soporte del controlador, el soporte de la caja de baterías y la estructura principal. Estas partes van unidas mediante tornillos M4 con excepción del soporte del motor.

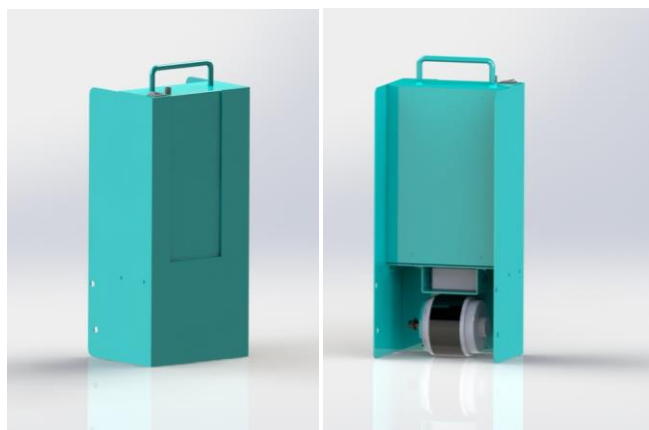


Fig. : 49 Propuesta de estructura exterior

El soporte del motor será reutilizado del patinete, este se unirá a la estructura principal con una soldadura, como se observa en la fotografía. Una alternativa a la soldadura podría ser atornillando las dos partes tanto por el lado frontal de la carcasa como por el lateral mediante separadores roscados, manguitos.



Fig. : 50 Estructura principal y estructura motor



El soporte del controlador es una chapa con morfología de caja con un agujero por donde pasará todo el cableado. Los agujeros situados en el doblez superior servirán para unir mediante tornillos al soporte superior, el soporte de la caja. El soporte de la caja también irá atornillada a la carcasa exterior por los laterales mediante tornillos y tuercas. En este soporte se encontrará un conector rápido exterior de baterías, como se puede observar en la fotografía, para poder conectar la caja de baterías a la motorización.

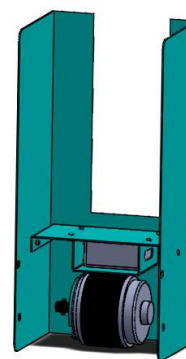


Fig. : 51 Interior de estructura



Fig. : 53 Caja de baterías

Para las baterías se ha desarrollado una caja portátil extraíble para facilitar el uso al usuario. La motorización tiene un peso elevado debido a las baterías, para facilitar el manejo y el transporte se ha realizado esta caja extraíble de baterías, así el usuario podrá mover en dos pasos el producto con más ligereza. Además la misma caja contiene el conector del cargador, por lo que también facilitará la carga al usuario, al tener que simplemente poner a cargar la caja y dejar la motorización dónde le sea más conveniente.

Esta caja, está compuesta por tres chapas dobladas, dos tapas que se encajan entre si y un soporte separador de la batería. Este soporte se ha realizado debido a que la motorización esta específica contiene dos baterías y la composición más óptima era colocarlas una encima de la otra. Las dos tapas se unen mediante unas presillas roscadas y tornillos dejando así cerrada la caja pero permitiendo abrirla fácilmente en caso de mantenimiento o recambio de baterías.

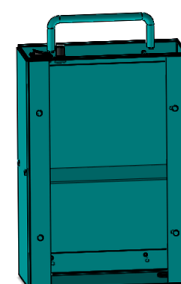


Fig. : 52 Caja de baterías



Fig. : 54 Vista del conjunto

Así pues, el resultado de la estructura exterior del producto resultaría como se muestra en la fotografía digital. Una estructura sencilla que ofrece al usuario un alto *affordance*, una transparencia entre la forma del objeto y su función permitiendo así dar a conocer el funcionamiento del producto al usuario sin necesidad de instrucciones previas. Además de ser muy funcional y resolutiva en cuanto a las prioridades económicas-funcionales.

### 7.3.3. Características técnicas

En el anexo de planos técnicos se encuentran los planos de fabricación de estas piezas.

## 8. PROCESO DE FABRICACIÓN

### 8.1. Prototipo

#### 8.1.1. Despiece Patinete

Lo primero que se realizó, una vez adquirido el patinete, fue desmontarlo por completo para poder analizar cada una de las piezas de las que se dispone para empezar a construir la motorización.

Una vez con todo el despiece sobre la mesa se hizo una selección del material que podía ser útil y le que no, ya que se intentó aprovechar todo lo posible para abaratar costes a la hora de tener lista la motorización.



*Fig. : 55 Despiece del patinete*

Una vez hecha la selección del material, se pudieron aprovechar del patinete adquirido lo siguiente:

- Rueda trasera completa con plato incorporado.
- Freno de cinta.
- Estructura de unión delantera.
- Cuerpo cilíndrico delantero donde se incorpora el manillar.
- Manillar con todos sus accesorios (sensor jub, freno, manguitos...).
- Amortiguador delantero.
- Motor eléctrico.
- Cadena de transmisión.
- Control electrónico.
- Baterías.
- Cableado eléctrico.
- Cargador.

### 8.1.2. Elementos de soporte

Después de seleccionar el material aprovechable del patinete, procedimos a fabricar diferentes tipos de soportes y estructuras en acero galvanizado con la cual poder unir todo el material necesario en un cuerpo mecánicamente sólido a partir de soldaduras y diferentes tipos de tornillos.



*Fig. : 56 Detalle elementos de soporte*

El primera paso fue poder unir la rueda trasera a la estructura de unión delantera, que teniendo en cuenta que lleva el plato para la cadena y el cilindro para el freno incorporados, tenía un ancho de prácticamente el doble que la delantera. Esto fue realizado fabricando casquillos que se usarían para dar rigidez y consistencia a los tornillos pasantes utilizados para unir la estructura de unión delantera con los soportes del amortiguador.

Para poder acoplar el motor en línea con la nueva ubicación de la rueda se aprovechó el soporte que llevaba el patinete para sujetar el motor y se soldó a una plancha que une el soporte del motor con la estructura de unión delantera. El soporte del motor fue modificado para poder usar el motor como tensor de cadena y debido a esto se tuvo que hacer una serie de agujeros en la plancha de unión para poder acceder a estos tornillos que permitirían aflojar el motor para poder tensar la cadena.

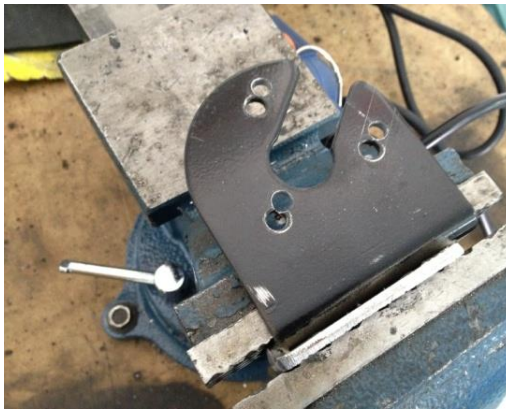


*Fig. : 58 Soporte motor*



*Fig. : 57 Optimización soporte motor*





**Fig. : 59 Optimización soporte motor**



**Fig. : 62 Soporte motor posición 1**



**Fig. : 61 Soporte motor posición 2**



**Fig. : 60 Unión soporte motor a estructura**



**Fig. : 64 Facilitado tensor de cadena**



**Fig. : 63 Instalación estructura - motor**

### 8.1.3. Elementos de sujeción

#### *Cuerpo inferior*

El elemento de sujeción fue la parte más laboriosa de todo el proceso de fabricación de la motorización ya que antes de fabricarla se probaron varias alternativas que fueron un intento fallido.

Una vez manos a la obra con las ideas claras de cómo debía ser la sujeción definitiva se procedió a fabricarla con plancha de acero galvanizado y tubo de acero totalmente desde cero, teniendo que cortar, soldar, doblar y atornillar para poder llegar a la sujeción final.

Queriendo aprovechar la parte de sujeción que ya venía soldada al cilindro principal del patinete se procedió a trabajar sobre ella intentando no modificarla. Para ello se fabricaron dos chapas iguales que encajaran con los tres agujeros que había en cada uno de los salientes del cilindro y una vez las chapas perfectamente acopladas a los salientes se soldó una chapa rectangular que uniera a las dos chapas de unión, dándoles así, una buena consistencia entre ellas.

A esta primera estructura, unida a la parte aprovechable del patinete, se le añadió un tubo soldando, totalmente modificado con la intención de que este tubo se pudiera acoplar a otro tubo que sería el que estaría en la parte de la sujeción acoplada a la silla de ruedas.

Para dar seguridad una vez estando los dos tubos unidos, se procedió a fabricar una chapa encargada de hacer de tope si un tubo quisiera salir del otro tubo. Esta chapa se unió a una bisagra mediante soldadura que a su vez se unió a la chapa central de la sujeción también mediante soldadura, consiguiendo así, que el tope quedara justo encima del tubo a parar.

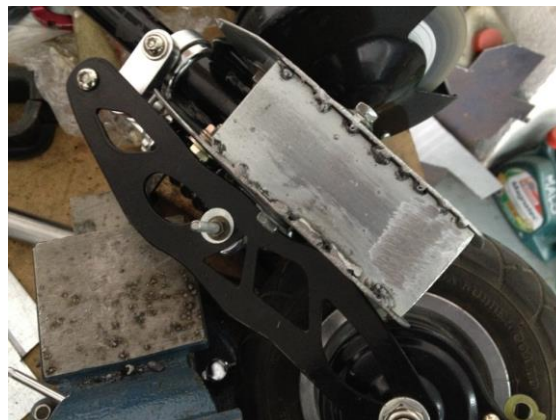
Seguidamente, una vez todo colocado, se procedió a instalar un cable con el cual el usuario pudiera abrir y cerrar esta palanca desde el manillar sin necesidad de agacharse.



*Fig. : 65 Inicio sujeción inferior*



*Fig. : 69 Continuación de elaboración sujeción*



*Fig. : 67 Soldadura sujeción inferior*



*Fig. : 68 Sujeción inferior posición 1*



*Fig. : 66 Sujeción inferior posición 2*

### *Sistema barra central*

Para poder tener dos puntos de apoyo se tuvo que buscar en la silla de ruedas un punto en común con la gran mayoría de sillas plegables. Este punto fue el centro de la cruceta que se puede ver debajo del asiento, que es la que permite que la silla de ruedas se pueda plegar.

### *Fijación a la silla*

Para poder aprovechar al máximo el material de la silla de ruedas y con el reto de no tener que modificar la silla de ruedas para conseguir enganchar la motorización a ella.

Una vez localizado el punto se realizó una 'U' con un agujero en el centro de la cara inferior para poder encajarlo con el tornillo de la cruceta y dos agujeros en las caras laterales donde se coloca un pasador que es el que va a mantener la barra central anclada a la silla.

### *Barra central*

La barra utilizada fue una barra fabricada para unir dos bicicletas al transportarlas en un coche, por lo tanto, se tuvo que modificar para que cumpla las exigencias que requerían la silla y la motorización.

Se trata de una barra telescópica, sin ningún tipo de ajuste para poder fijarla a una altura en concreto a la que se le fabricó un agujero roscado para poder fijarla mediante una palometa roscada también fabricada para ello. Mediante esta palometa roscada, la cual hace presión sobre la barra interior se puede frenar esta barra interior en la posición deseada según las exigencias del usuario.

En un extremo de la barra se hizo un agujero pasante para poder colocar un tornillo pasante en el cual atravesaría la barra perpendicularmente e iría fijado a la fijación soldada en el cilindro central de la motorización.

En el extremo opuesto se hizo un tipo de 'gancho' el cual se fija en modo rápido al pasador de la fijación de la silla.

### *Fijación a la motorización*

En la fijación que se encuentra en el cilindro principal de la motorización se intentó simular un cojinete colocando un tubo de tamaño superior que pudiera girar con total libertad sobre el del cilindro principal añadiendo también un tope inferior para evitar que este pudiera desplazarse del posicionamiento principal.





*Fig. : 77 Fabricación barra central*



*Fig. : 76 Fabricación barra central*



*Fig. : 74 Fabricación barra central final*



*Fig. : 75 Optimización unión motorización - b.c.*



*Fig. : 73 Anclaje silla a barra central*



*Fig. : 72 Anclaje barra central silla final*



*Fig. : 71 Anclaje de silla a barra central*



*Fig. : 70 Anclaje barra central a motorización*





**Fig. : 79 Anclaje b.c. a motorización**



**Fig. : 78 Fabricación palometa tope barra central**

### *Sujeción de la silla*

Después de estudiar como anclar la motorización a la silla, se acabó concluyendo con la idea de analizar una silla de ruedas fija para poder observar y replicar su sistema de anclaje.

Una vez analizada una silla fija, se llegó a la conclusión de que la unión principal entre la motorización y la silla había que hacerla por la parte de abajo ya que es donde se ubicaba la dirección y lo más cerca posible de la rueda para poder tener el máximo de tracción a la hora de acelerar y frenar.

La parte de sujeción inferior adherida a la silla se compone de un tubo 21mm de diámetro en forma de 'U' echo a medida con la finalidad de esquivar las ruedas delanteras a la hora de girar y anclado sólidamente a las barras laterales de la silla, mediante medio tubo soldado al tubo principal, utilizando los tornillos pasantes ya ubicados en esa zona sin tener que modificar ninguna parte de la silla.

Este tubo acaba a una altura ideal del suelo para poder anclarlo fácilmente a la sujeción fabricada sobre la dirección del tubo principal de la motorización.



**Fig. : 81 Soporte sujeción inferior**



**Fig. : 80 Soporte sujeción inferior pintado**



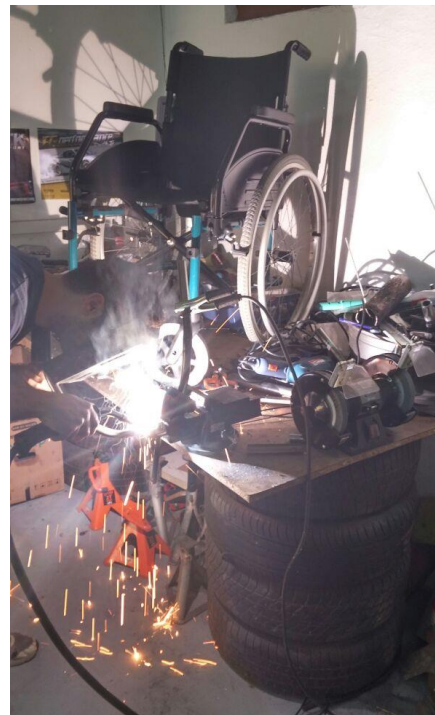
*Fig. : 85 Soldadura barra inferior silla*



*Fig. : 84 Doblado barra inferior silla*



*Fig. : 82 Doblado barra inferior silla*



*Fig. : 83 Fabricando barra inferior silla*



## 9. ENSAYOS EXPERIMENTALES

Nada más tener la motorización terminada a falta de algunos ajustes estéticos, había que probarla en todos los terrenos posibles así que se probó en terrenos para poder probar la tracción tanto en terreno deslizante, asfalto, acera o tierra.

Aparte fue sometido a superar una serie de obstáculos y llevado hasta el límite para poder buscar sus puntos débiles y poder saber por dónde mejorarlo.

### 9.1. Superando rampas

La primera prueba fue algo esencial que encontrará el usuario cuando salga a la calle, subida y bajada de rampas de pasos peatonales.

La motorización demostró una buena estabilidad a la hora de bajar y subir las rampas peatonales. Se comprobó que las pudiera bajar y subir recto, girando e inclinado hacia un lado. No tuvo problemas a la hora de subir la rampa por falta de par-motor y no mostró ninguna dificultad para superar el pequeño bordillo que algunas rampas tienen.



Fig. : 86 Superando rampas

## 9.2. Superando bordillos

Otra prueba importante a la que debía ser sometida es a la superación de pequeños bordillos que se pueden encontrar en cualquier trayecto donde no se disponga de rampas peatonales.

Con bordillos de grandes magnitudes fue una tarea difícil de superar, ya que no tenía potencia suficiente como para superar un bordillo con una pared totalmente vertical, aunque igualmente, una vez superado este bordillo mediante la fuerza del motor y la tracción del neumático, se encuentra con otro inconveniente, las ruedas delanteras. Las ruedas delanteras que se levantan para poder dar mejor tracción a la rueda de la motorización chocan contra el bordillo cuando se intenta subir, debido a que son excesivamente grandes.

La conclusión obtenida después de esta prueba ha sido que la superación de bordillos es posible con bordillos de unos 5cm de altura, si el bordillo pasa de esa altura es difícil que la motorización lo pueda superar.



*Fig. : 87 Superando bordillos*

## 9.3. Prueba de velocidad

Ya que se disponía de un parking privado de grandes dimensiones, se pudo hacer la prueba de poner la motorización a su velocidad máxima. No se pudo saber exactamente cuál fue la velocidad máxima alcanzada, no obstante, se pudo ver claramente que era una velocidad más que suficiente para circular con la motorización por la ciudad sin rebasar el límite de velocidad permitido.

A máxima velocidad se pudo corroborar la estabilidad de todo el mecanismo adaptado a la silla y su buena elasticidad en las uniones de los diferentes componentes a la hora de superar diferentes terrenos irregulares como baches o cloacas que podemos encontrar en cualquier punto de un recorrido típico en ciudad. Para la superación de estas irregularidades también tuvo un papel importante el pequeño amortiguador que encontramos en la parte delantera de la motorización.



## 9.4. Prueba de frenada

Una vez alcanzada la velocidad máxima se procedió a hacer una prueba de frenada.

Esta prueba de frenada se pudo realizar tanto en terreno deslizante, asfalto de la carretera y en una acera lo más estándar posible.

El freno de cinta no es una maravilla, pero para la funcionalidad que puede tener este tipo de motorización, para gente sedentaria, se comprobó que este freno en buen estado puede ser suficiente.

En suelo deslizante, a velocidad máxima, al apretar la maneta de freno al máximo y pasar unos dos segundos la rueda se clavaba y deslizaba unos 30cm, nada inesperado teniendo en cuenta que el terreno era muy deslizante. En cambio, en el asfalto y la acera la prueba de frenada fue muy efectiva teniendo en cuenta del tipo de freno que monta la motorización.

En la prueba de frenada también se pudo verificar la estabilidad de las sujeciones a someterse a este tipo de fuerzas cuando todo el peso va hacia adelante.



*Fig. : 88 Prueba de frenada*

## 9.5. Prueba de giro y tracción

La prueba de giro se realizó saliendo de parado y girando al máximo permitido por la motorización, casi unos 90 grados de giro, y a una velocidad constante.

Gracias a esta prueba se comprobó la estabilidad del conjunto girando al máximo y la tracción que podemos tener al exigir el máximo desde parado. En pavimento deslizante se pudo observar que, saliendo en línea recta, no perdía nada de tracción. Punto a favor para la motorización ya que quedó claro que la puesta en marcha, exigiéndole el máximo desde el sensor hub, era suave, por lo tanto, el usuario sedentario no tendría que controlar excesivamente el movimiento que tiene que hacer con su muñeca, simplemente girar al máximo el sensor y disfrutar de su motorización.

Arrancando con el manillar girado al tope en pavimento deslizante se pudo observar alguna pérdida de tracción debido a la poca fricción entre la rueda y el pavimento ya

que con el manillar girado se le exige más agarre ya que tiene que arrastrar una de las ruedas de la silla para poder realizar el primer movimiento.

Las pruebas de giro y tracción en pavimento asfaltado y acera salieron perfectas. No hubo ningún tipo de pérdida de tracción y el giro al máximo fue perfecto sin ningún tipo de inestabilidad.



*Fig. : 89 Prueba de giro y tracción*

## **9.6. Prueba en tierra**

También se tuvo la oportunidad de poder realizar una prueba de tracción en un terreno irregular que además era de tierra. Poco a poco iba superando todas las irregularidades del terreno, pero cuando llegaba a una irregularidad importante o con mucha cantidad de tierra le costaba poder superarla.

La conclusión sacada de esta prueba fue que en terrenos llanos de tierra, como por ejemplo un parque que se puede encontrar en la ciudad, el conjunto se defiende muy bien. En cambio, en terrenos demasiado irregulares en los que además haya bastante cantidad de tierra, sería conveniente evitarlos ya que la potencia del motor y la adherencia de la rueda no jugará de parte del usuario.



*Fig. : 90 Prueba de giro y tracción*

## 10. PRESUPUESTO

### 10.1. Mercado

Este proyecto ha sido diseñado y desarrollado con una idea de mercado muy clara, este producto no nace para llegar a un mercado competitivo y convencional, este proyecto nace para ser publicado en internet y ofrecer toda la información adquirida a lo largo del desarrollo a cualquier persona interesada.

Se trata de una solución ya existente en el mercado pero con varias limitaciones, por lo que la demanda no corresponde a la oferta. Los productos similares, como ya se mostró en la tabla comparativa del estudio, tienen un coste muy elevado, tratándose además de un público que por lo general debe vivir con ayudas económicas. Pues bien, se trata de facilitar a la comunidad la obtención del producto.

Para la difusión del proyecto quedaría la información simplificada en un manual de uso colgado en la red, en este manual de usuario se encontraría lo siguiente:

- Lista de despiece con proveedores
- Presupuesto
- Montaje
- Planos técnicos
- Mantenimiento
- Recomendaciones

La solución óptima sería ofrecer un servicio técnico de montaje personalizado pudiendo así facilitar su obtención para cuyas personas no puedan disponer de contactos para llevar a cabo la fabricación y la adaptación a su silla. Una solución sería poder ofrecer contactos de empresas dispuestas a trabajar por encargo para la realización de las piezas propias de la motorización en distintas ciudades. Este servicio sí que implicaría un coste de mano de obra.

Cada día más la cultura *maker* está más presente en la sociedad y gracias al gran *boom* de la fabricación digital están naciendo, sobre todo en las ciudades, nuevas entidades que promueven la producción de los ciudadanos. La cultura *maker* está basada en el *DIY* (házte lo tu mismo) con la ayuda de herramientas y maquinarias cada vez más asequibles y/o cercanas a los habitantes.

El proyecto tiene como objetivo promover la cultura *maker* dentro de la comunidad de usuarios que deben desplazarse en sillas de ruedas o necesitan adaptaciones para su día a día. Esta cultura y sus facilidades debe ser potencializada, conocida y explotada ya que puede ofrecer un antes y un después para estos ciudadanos.

Por estas razones, la fabricación del producto es una fabricación no industrializada y permite la fabricación unitaria. El diseño ha contemplado constantemente el uso de piezas estandarizadas y luchado por encontrar la máxima simplicidad.

## 10.2. Escandallo

### Escandallo y coste

En este apartado se presenta el coste total del producto desglosado a partir del listado de piezas provenientes de otro producto, las piezas estandarizadas y piezas diseñadas junto al coste de fabricación de estas. Además, se complementa ofreciendo alternativas de motores más potentes y baterías con más autonomía y ligereza que deberá escoger el usuario según le convenga.

A continuación se muestra el precio del **patinete** escogido de 250W de potencia y el listado de piezas que se necesitaran para la construcción de la motorización. La opción de comprar las piezas por separada quedó descartada, ya que el cliente directo, Xavier Duacastilla ya nos informó de su estudio anterior. Aún así, se puede observar a simple vista en el mantenimiento del apartado posterior de Manual de Usuario donde se encuentra dónde obtener todo tipo de recambios.

<p><b>PATINETE RAYCOOL 250W</b> 20 Km de autonomía</p>	
<p><b>Control</b></p>	
<p><b>Batería</b></p>	
<p><b>Cargador de batería</b></p>	
<p><b>Motor</b></p>	



<b>Acelerómetro</b>	
<b>Amortiguación</b>	
<b>Cojinetes</b>	
<b>Cable freno</b>	
<b>Rueda</b>	
<b>Cadena</b>	
<b>Plato</b>	
<b>Tambor de freno</b>	
<b>Maneta de freno</b>	
<b>Manillar</b>	
<b>Estructuras</b>	
<b>260 €</b>	

Tabla 3: Tabla de despiece piezas suministradas por el patinete eléctrico

En la siguiente tabla se muestran las **piezas diseñadas** para la sujeción de la motorización a la silla de ruedas así como piezas estructurales necesarias. En ella se indica el nombre de la pieza, su representación gráfica y el coste del despiece así como de la totalidad.

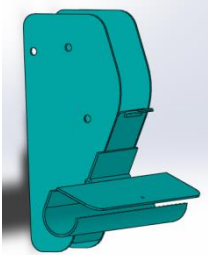
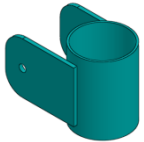
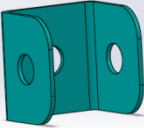
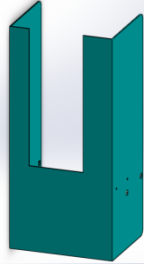

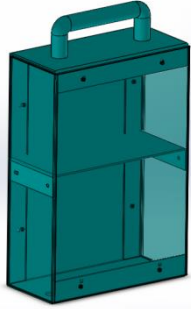
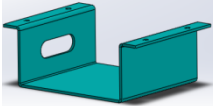
PIEZA	Despiece	Representación	Mano de obra	COSTE
<b>SUJECCIÓN INFERIOR</b>	Tubo de Anclaje		Corte + doblado	9,8
	Estructura principal		Corte láser + soldadura	67,5
<b>SUJECCIÓN CENTRAL</b>	Anclaje direccional manillar		Corte láser + soldadura	17
	Anclaje barra central silla		Corte láser y doblado	12
<b>ESTRUCTURA EXTERIOR</b>	Carcasa exterior		Corte láser y doblado	31
	Soporte caja de batería		Corte láser y doblado	25
	Caja Batería (tapa delantera, tapa trasera y separador)		Corte láser y doblado	79
	Soporte controlador		Corte láser y doblado	33
				<b>289,8 €</b>

Tabla 4: Tabla de despiece de piezas diseñadas y trabajadas

Por último se presenta la última tabla de despiece con las **piezas estandarizadas**, esta sigue la misma plantilla que la anterior.

PIEZA	despiece	Representación	COSTE (€)
SUJECCIÓN INFERIOR	Cable sujeción		0,27
	Bisagra		5
	Muelle direccional (2)		4.2
	Muelle sujeción		2,3
	Palometas M6(4)		15,64
	Tornillo M5 (6)	-	1,6
	Tuercas M5 (6)	-	0,24
	Arandela M5 (6)	-	0,15
	Tensor <i>(cambio bici)</i>		2,1
SUJECCIÓN CENTRAL	Barra central		48,21
	Clip central		1,75
	Tornillo pasante M6	-	2,05
	Palometa M4	-	2,3
ESTRUCTURA EXTERIOR	Conector rápido batería		0,95
	Asa caja batería		2,45
	Tornillos M3x10 (20)	-	1,15
	Tuerca M3 (12)	-	0,52
	Presilla U (8)		0,55
	Varilla roscada 170 mm	-	0,4
	Manguitos roscados M6 55mm (2)		1,57
			<b>93,4 €</b>

Tabla 5: Tabla de despiece piezas estandarizadas

A continuación se realiza el sumatorio del total de las tres tablas presentadas:

PIEZAS	PRECIO (€)
<b>Patinete</b>	260
<b>Piezas diseñadas</b>	289,8
<b>Piezas estandarizadas</b>	93,4
<b>643,3</b>	

Tabla 6: Tabla de sumatorio total

Este coste, como ya se ha especificado, cubre una motorización con 250W de potencia, lo que permite una velocidad de 15 Km/h y unos 20 kilómetros aproximadamente de autonomía. Para llevar a cabo una mejora en las especificaciones técnicas, se podría partir de otros patinetes con más potencia. A continuación se presentan algunas posibilidades:




Modelo	Fotografía	Potencia	Autonomía	Precio
<b>Patinete eléctrico Raycool EVO</b>		300 W	15 Km	350 €
<b>Patinete eléctrico Raycool</b>		500 W	35 Km	385 €
<b>Patinete eléctrico Raycool</b>		1000 W	30 Km	399

Tabla 7: Tabla de alternativas de patinetes eléctricos

En esta tabla se encuentran algunas opciones de patinete junto a su fotografía, su potencia, su autonomía, el precio del patinete y el coste aproximado de una motorización partiendo de este tipo de patinetes. Después de realizar el estudio de usuario, conocer los productos similares, así como la normativa existente, el patinete recomendado es el que tiene una potencia de 500W.

## 11. PLIEGO DE ESPECIFICACIONES

### 11.1. Normativa

La normativa que se deberá aplicar, o bien considerar, en el producto para su comercialización se menciona a continuación:

- **UNE 111915:1991.** Sillas de ruedas. Dimensiones totales máximas.

En esta normativa se especifica que las dimensiones totales son las siguientes:

Anchura máxima: 700 mm

Longitud máxima: 1.200 mm

Altura máxima: 1.090 mm

- **UNE-EN 12184:2010.** Sillas de ruedas con motor eléctrico, *scooters* y sus cargadores. Requisitos y métodos de ensayo.

En esta normativa se especifica que la velocidad máxima deberá ser de 15 km/h y que los métodos de ensayo deberán ser previstos para ser utilizadas por una persona cuya masa no supere los 100 Kg.

- **UNE-EN 12183:2010.** Sillas de ruedas de propulsión manual. Requisitos y métodos de ensayo.
- **UNE-EN 12182:2012.** Productos de apoyo para personas con discapacidad. Requisitos generales y métodos de ensayo.
- **UNE 111914-11:1995.** Sillas de ruedas. Parte 11: Maniqués de ensayo.
- **UNE 111914-13:1995.** Sillas de ruedas. Parte 13: Determinación del coeficiente de fricción de las superficies de ensayo.
- **UNE-EN ISO 16201:2007.** Ayudas técnicas para personas con discapacidad. Sistemas de control de entorno para la vida diaria.
- **UNE-EN ISO 9999 V2:2012.** Productos de apoyo para personas con discapacidad. Clasificación y terminología (ISO 9999:2011). **Nota:** Incluye el ERRATUM: 2012. (Referencia Biblioteca: **NTP 129-C**)
- **UNE-EN ISO 16201:2007.** Ayudas técnicas para personas con discapacidad. Sistemas de control de entorno para la vida diaria. (ISO 16021:2006). (Referencia biblioteca: **NORAT-136**)

La mayoría de estas normativas españolas hacen referencia a la siguiente normativa ISO:

- **ISO 7176-1:2014:** *Determination of static stability*
- **ISO 7176-4:1997:** *Energi Consumption of Electric Wheelchairs and Scooters for Determination of theoretical Distance Range*

- **ISO 7176-6:2014:***determination of maximum speed acceleration and retardation of electric wheelchairs.*

Respecto la impermeabilización de los componentes eléctricos, el grado IP requerido se especifica en sus especificaciones técnicas.

## 12. MANUAL DE USUARIO

### 12.1. Presentación

A continuación se presenta el manual de usuario del producto. En él se encuentra el manual de uso y funcionamiento, instrucciones de montaje, recomendaciones y normas de seguridad y cómo realizar el mantenimiento y solventar las posibles reparaciones.



Fig. : 91 Joi'n'Joy

Se recomienda que antes de su uso este manual sea leído atentamente y el usuario se familiarice con él.

¡Esperemos que disfrute de *Joi'n'Joy*!

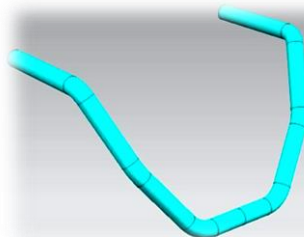
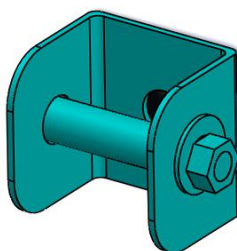
### 12.2. Manual de uso y funcionamiento

La motorización *Joi'n'Joy* tiene una morfología muy intuitiva, su simplicidad permite un uso muy sencillo, así como un funcionamiento sin complicaciones que evita al usuario tener dudas sobre su utilización. Aun así, se recomienda leer con atención las siguientes páginas para conocer perfectamente cómo usar el producto.

#### Instalación a la silla.

Para empezar a usar *Joi'n'Joy* el usuario deberá ajustar algunas piezas a su silla en el caso que disponga de una silla plegable, en caso contrario podrá saltarse este apartado.

Deberá instalar las siguientes piezas:



### Anclaje central

### Soporte inferior



Fig. : 92 Enganche central instalado en la silla

Para el primer **anclaje central** deberá desatornillar el pasador de la cruceta, colocar la pieza y volver a atornillar el pasador sin olvidar ninguna de las piezas (arandelas, topes de goma...). Para la colocación de esta pieza se recomienda retirar el pasador y volver a poner una vez colocada.

La instalación del **soporte inferior** es algo más compleja. A continuación se muestran los pasos:

1. Desatornillar los dos tornillos de la estructura inferior de la silla de ruedas dónde encajara la pieza
2. Realizar dos agujeros de métrica 5 a una distancia de 50mm de los agujeros ya pertenecientes a la silla.
3. Encajar el soporte
4. Atornillar el soporte en los agujeros sustituyendo los tornillos por palometas.

### Anclaje *Joi'n'Joy* a la silla

Para el anclaje del *Joi'n'Joy* se deben realizar dos pasos:



Fig. : 93 Joi'n'joy anclado a la silla

1. Encarar la motorización a la silla posicionando la caja de las baterías en la parte delantera. Se cogerá el manillar y se anclará la pinza inferior al soporte inferior, elevando así la silla.
2. Se enganchará la barra central al enganche fijado anteriormente a la cruceta de la silla.

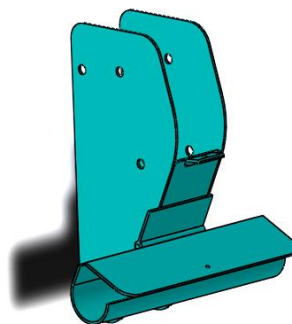


### Ajuste del *Joi'n'Joy*

Cada silla tiene unas medidas distintas, así pues en el primer uso se deberán ajustar de manera sencilla las siguientes piezas.



**Barra central**



**Pinza**

Para el ajuste de la **barra central** se deberá colocar la motorización al soporte inferior, aflojar la rosca mariposa y alargar la barra central hasta la medida óptima para engancharla al anclaje fijo de la cruceta.

La **pinza** deberá ser ajustada a la altura ideal según la situación del soporte. Esta pinza queda unida a la estructura interior del patinete con varios orificios, de tal manera que permite regular la altura de la pinza para que se adapte a todo tipo de sillas.

### Funcionamiento

Para el accionamiento de la motorización se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Anclar la motorización a la silla siguiendo los pasos anteriores.
2. Encender el *Joi'n'Joy* mediante el interruptor ON/OFF.
3. Accionar el acelerador con suavidad.
4. ¡A disfrutar!

### 12.3. Recomendaciones y normas de seguridad

A continuación se presentan recomendaciones para la buena conservación del producto así como para prevenir accidentes que pueden ocasionarse. Por favor, lea con atención las siguientes indicaciones:

- Antes de usar *Joi'n'Joy*, conozca su funcionamiento e inspecciónelo detenidamente. Preste especial interés en revisar que toda la tornillería y ajustes pertinentes estén en correcto estado.
- Revise esporádicamente todas aquellas partes susceptibles a ser desajustadas o aflojadas.

- Revise la presión del aire de sus neumáticos periódicamente, mantener los neumáticos con una buena presión optimiza su funcionalidad y el uso de la batería.
- Antes de cada uso revise el estado y el funcionamiento de los frenos.
- No preste su *Joi'n'joy* a nadie que no conozca bien su funcionamiento.
- No toque el motor ni las ruedas ni el plato ni los discos de freno cuando están en movimiento. Asegúrese que se ropa o sus zapatos no entran en contacto con la cadena o ruedas.
- No toque el conector del cargador de su *Joi'n'Joy* si sus manos están mojadas o con algún objeto metálico. Podría dañar la batería u ocasionar un cortocircuito.
- Es un producto eléctrico y con componentes propensos a la corrosión. Por tanto, no utilice un chorro de agua directo para limpiar este producto.
- Su *Joi'n'joy* es apto para circular bajo la lluvia sin embargo no lo sumerja en ningún charco. Los elementos electrónicos podrían sufrir un cortocircuito y ocasionar daños al producto.
- No conduzca sobre superficies sucias, con grava, resbaladizas, mojadas o heladas. Preste especial atención a las zonas marcadas y delimitadas con pintura en el suelo.
- Nunca guarde la batería en condiciones de altas temperaturas. Podría ocasionarse una explosión.
- Es muy importante que cuando se deje de usar la motorización se apague el interruptor para evitar el su consumo.
- La batería es de plomo. Este tipo de baterías tiene "efecto memoria". Es muy importante que siempre que realice su carga lo realice hasta que ésta esté totalmente cargada. En caso de no hacerlo, la batería perderá rendimiento.




## 12.4. Mantenimiento y reparaciones

Para optimizar el uso del producto y su rendimiento se deberá revisar de vez en cuando el estado de ciertos componentes así como realizar algunas tareas de mantenimiento al producto periódicamente.

- Se deberá comprobar el ajuste de tuercas y tornillos de la motorización. Debido a las vibraciones y el movimiento del producto estos elementos pueden ir aflojándose y deberán ajustarse de vez en cuando.
- Un elemento susceptible a aflojarse es la cadena, se deberá revisar que esta esté tensa y en caso contrario tensar ajustando los tornillos de la rueda. Para ello se deberá extraer la estructura externa.

- Un mantenimiento importante que se deberá realizar será engrasar la cadena para que la motorización circule con agilidad y soltura sin estribadas. Para ello se deberá extraer la carcasa y aplicar engrasante con un trapo o bien con el mismo dosificador del producto.
- Se deberá comprobar que en los neumáticos no se encuentren elementos punzantes incrustados, ni rajaduras ni grietas. En ese caso, será recomendable tratar de extraer los elementos o bien sustituir el neumático o la cubierta.
- Los neumáticos deberán estar bien inflados, para ello se deberán ir hinchando periódicamente.
- Para evitar corrosiones y desgaste se deberá mantener la motorización limpia. Para ello se recomienda el uso de trapos o papel humedecido, sin aplicar nunca directamente agua. Tampoco usar productos abrasivos como el alcohol o el aguarrás.

Para el recambio de **componentes mecánicos** se muestra la siguiente tabla con posibles proveedores:

Descripción	Proveedores	Descripción	Nº	Precio con IVA (€)	Precio sin IVA (€)	Imagen
<b>AMORTIGUACIÓN</b>	bipandbip.com	Amortiguador Delantero para patinete Electricoraycool	1	18,00	14,22	
<b>RUEDA</b>	bipandbip.com	Juego Neumáticos Dibujo Reforzado de 6,5" RaycoolMotard	1	17,80	14,06	
<b>COJINETES</b>	bipandbip.com	Juego de cojinetes para Ruedas Mini Raycool - Modelo bluesky007	2	10,90	8,61	



<b>MUELLE DIRECCIONAL</b>	Bauhaus	Muelle corrector de dirección de 7mm x 45mm	2	2,10	1,66	
<b>CABLE</b>	bipandbip.com	Cable de Freno Trasero Raycool - Modelo ry-16	1	3,50	2,77	
<b>CADENA</b>	bipandbip.com	Cadena Serie Para patinete Raycool - Modelo Raycool04	1	15,90	12,56	
<b>PLATO</b>	bipandbip.com	Corona dentada para Raycool 46 Dientes - Modelo Raycool013	1	12,50	9,88	
<b>PIÑÓN</b>	bipandbip.com	Piñón para patinete Raycool 11 dientes -	1	10,75	8,49	
<b>FRENO TAMBOR</b>	bipandbip.com	Completo Freno tambor + tambor Raycool Pro-X - Modelo ry-32	1	17,00	13,43	
<b>MANETA FRENO</b>	bipandbip.com	Juego de manetas de freno patinete electrico - Modelo ry-18	1	15,00	11,85	
<b>CABLE TAPA</b>	Bauhaus	Cable accionamiento tapa	1	0,17	0,27	

Tabla 8: Tabla de recambios mecánicos

Para el recambio de **componentes electrónicos** se muestra la siguiente tabla con posibles proveedores:

Descripción	Proveedores	Descripción	Nº	Precio con IVA	Precio sin IVA	Imagen
<b>CONTROL</b>	bipandbip.com	centralita de Control Pro-X 180 y 250w	1	31,00	24,49	
<b>BATERÍA</b>	bipandbip.com	Pack 2 Baterías Weida gel 12v y 4,5 Ah	2	19,50	15,41	
<b>CARGADOR DE BATERÍA</b>	bipandbip.com	Conector para cargador Baterías Raycool	1	9,90	7,82	


<b>MOTOR</b>	electricscooterparts.com	24 Volt 250 Watt 2500RPM Electric Scooter Motor	1	50,00	39,50	
<b>ACELERÓMETRO</b>	bipandbip.com	puño de gas electrónico, modelo rayCool08	1	19,00	15,01	

Tabla 9: Tabla de recambios electrónicos

## 13. CONCLUSIONES

A continuación se numeran algunas conclusiones concretas

- Se ha logrado un prototipo funcional apto para sillas plegables, que era el principal reto. Se ha hecho pruebas experimentales en calle que demuestran que es viable.
- Es muy difícil idear un sistema de sujeción universal porque hay mucha diferencia entre sillas plegables i rígidas.
- Es necesario realizar prototipos de las ideas de diseño que van surgiendo para poder avanzar. Si no se concreta en algo real es muy difícil valorar si un idea tiene futuro o no.
- La construcción a partir de un patinete eléctrico es una buena forma de abaratar costes.
- Es muy importante que se realicen correctamente los roles de Product owner y Scrum Master. Al principio del proyecto se dedicó mucho tiempo a definir y priorizar los objetivos de sprint por no tener claro el papel de Product owner

### 13.1. Propuestas de mejora

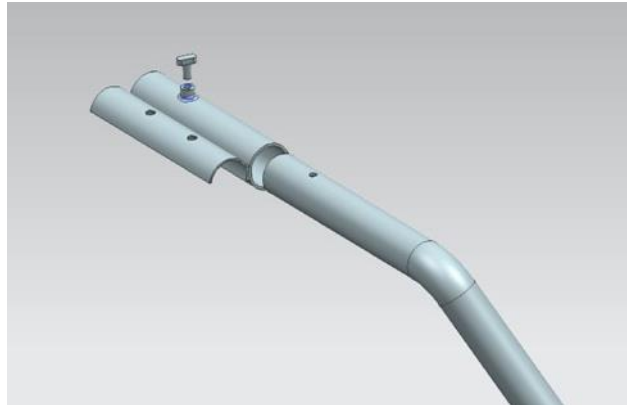
La posibilidad de realizar pruebas con nuestro prototipo nos ha permitido ver en que direcciones debería trabajarse para mejorarlo.

A continuación presentamos estas propuestas, desde las más apremiantes para la usabilidad del producto a aquellas más opcionales.

#### Respecto al diseño mecánico:

- Mejorar un reposapiés en la barra inferior de sujeción, dado que este es imprescindible para el usuario. Lo idóneo sería que fuese acoplable y desacoplable a esta barra aunque en muchos modelos esta va soldada.
- Modificar el manillar de modo que pueda ser dominado con una mano. De esta forma nuestro producto abarcaría a más usuarios potenciales.
- Mejorar el sistema de anclaje de la barra de sujeción inferior a la silla para hacerlo más rápido y plegable. En el prototipo el tubo doblado de la sujeción inferior se fija mediante tornillos. Una idea es que si bien atornillemos con la abrazadera el tubo de la silla, esta abrazadera incorpore soldada un tubo en el que entraríamos el tubo doblado de la sujeción inferior. Así tendríamos un tubo telescópico y con un pasador

con resorte por ejemplo podríamos anclar y desanclar la barra rápidamente, permitiendo el plegado de la silla.



*Fig. : 94 Propuesta de mejora*

- Optimizar el peso del producto mediante el rediseño de las barras y chapas que lo conforman teniendo en cuenta su resistencia. Una vez que en el prototipo se ha verificado que el diseño a grandes rasgos funciona, debería abordarse un estudio de los esfuerzos a los que se verán solicitados estos elementos para ni sobredimensionar ni que por ejemplo se produzcan fallos por fatiga en el tiempo.

- Tratar superficialmente el producto para asegurar su resistencia a la corrosión en las condiciones de trabajo.

- Incorporar un soporte para que el dispositivo se aguante de pie al desacoplarlo.

#### **Respecto al diseño eléctrico/electrónico:**

- Permitir marcha atrás en el dispositivo.

- Usar baterías de litio en vez de las de gel-plomo que resultan mucho más ligeras y menos voluminosas.

Por último un producto comercializable debería cumplir las normas que referenciamos en el apartado de normativa del proyecto que no hemos aplicado al prototipo. También sería interesante que fuese impermeable y estuviese protegido de agua y polvo por ejemplo en un grado IP65.

## **13.2. Conclusiones personales**

Al inicio de este viaje se planteó un proyecto ambicioso, de grandes magnitudes y que embargaba muchos aspectos técnicos multidisciplinares. Así nació un equipo motivado e ilusionado por construir un producto funcional y útil que pudiera facilitar la vida de muchas personas. El equipo lo formamos dos ingenieros mecánicos y una ingeniera en diseño industrial, con la carencia de un ingeniero electrónico, aun así decidimos igualmente superar el reto. Así se plantearon unos objetivos iniciales, con los que se pretendía llegar a un producto extremadamente funcional y competitivo en el mercado que satisficiera unas necesidades reales.

A lo largo de la realización del proyecto y a medida que el producto fue desarrollándose algunos de estos objetivos iniciales fueron menguando y quedando a un lado. Era inevitable, conseguir eso que habíamos ideado en nuestras cabezas cada vez era más utópico, el tiempo y los medios económicos no jugaban a nuestro favor. Y así fue como aterrizamos y nos aproximamos a lo que es la vida de un proyectista ingeniero.

En consecuencia, el proyecto se ha centrado en profundizar en el estudio de usuario, empleando las metodologías mencionadas, en desarrollar una propuesta de producto y un prototipo funcional tangible de bajo coste para sillas plegables, que sin llegar a ser un producto totalmente óptimo y definitivo, es fruto de un diseño iterativo y validado por el usuario. Un prototipo que consigue plasmar todas las horas de estudio dedicadas, así como todos los conocimientos adquiridos a lo largo de estos últimos años, tanto en las distintas asignaturas como durante el desarrollo del proyecto.

La naturaleza del proyecto, poco acotado, con infinitud de posibilidades de diseño, así como la necesidad de ir redefiniendo unos objetivos y requisitos que dependían de un usuario, han supuesto un reto. Ha requerido una creatividad que no ha sido demandada a lo largo de estos años en las distintas asignaturas cursadas.

La aplicación de la metodología y el trabajo en equipo multidisciplinar ha supuesto un resultado enriquecedor y cercano al desarrollo de un proyecto real. Este proyecto ha supuesto un buen complemento a nuestra formación. No solo por poner en relación distintos conocimientos adquiridos en anteriores asignaturas sino sobre todo por requerir capacidades distintas en muchos aspectos a nuestro anterior bagaje académico. Afrontar las dificultades de innovar y aportar valor añadido a un producto que debe hacerse y validarse experimentalmente ha sido una experiencia muy útil y que creemos que nos acerca a aquello que necesitaremos para el ejercicio de nuestra profesión.



### 13.3. Agradecimientos

Nada de esto hubiera empezado si Xavier Duacastilla no hubiera tomado la iniciativa de buscar unos estudiantes interesados en desarrollar y perfeccionar su producto. Sin su empuje, confianza en el *Handiwheel* y ganas de potenciar este producto tan útil para muchas personas, es probable que no se hubiera explotado esta gran idea desde la universidad, con todo lo que ello ha implicado, abrir la visión de tres estudiantes, y sus alrededores de lo que es este ámbito de la accesibilidad.

Pero a Xavier no sólo le debemos agradecer su iniciativa inicial, debemos agradecerle lo más importante. Ha tenido un compromiso de principio a fin con nosotros acompañado de un gran interés por nosotros, no solo en el desarrollo del producto sino también en el cómo se iba planteando, en nuestras metodologías de trabajo y en nuestras vivencias de la experiencia. Su paciencia a lo largo de estos meses no ha tenido límite y su confianza no ha desvanecido, a pesar de todas las dificultades encontradas. Sus críticas a lo largo del desarrollo, a pesar que implicaran cambios bruscos en el desarrollo y muchas veces nos hicieran sentir retroceder, podemos afirmar a estas alturas, que siempre han sido realmente constructivas, y han permitido llegar a unas conclusiones muy satisfactorias.

Por otra parte, los meses han ido pasando y siempre con nuestro gran respaldo de Balduí, él ha sido quién en momentos críticos del desarrollo ha asistido y ha conseguido llenar al equipo de confianza, optimismo y energía para empezar nuevas etapas del proyecto. Con este aire de optimismo y la formación de la metodología el proyecto ha seguido siempre constante adelante con motivación y energía. Le debemos agradecer toda esa dedicación y esfuerzo.

La gran consistencia del desarrollo del proyecto, lo que ha ofrecido la mayor constancia, sentido, confianza y sobretodo ganas de continuar ha sido el prototipo del producto. Este prototipo se ha podido realizar totalmente gracias a la afición de Antonio Morales, miembro del equipo, todos sus compañeros cercanos y todas esas instalaciones y herramientas de las que hemos podido disponer. No cabe duda que sin esta oportunidad el prototipo no hubiera estado a la altura del presente.

Por último, agradecer a Marc Escolà, por su apoyo, su gran empatía, su optimismo, sus importantes aportaciones técnicas y su interés. También a todas aquellas personas que han puesto su gran grano de arena, familiares y compañeros, que han dedicado su tiempo en ayudar y su soporte.

## 13.4. Bibliografía

- [1] *Handiwheel* [Consulta: 27-feb-2015]:  
<http://handiwheel.wordpress.com>
- [2] Estado del arte [Consulta: 01-mar-2015]  
<http://www.ortoweb.com>
- [3] Estado del arte [Consulta: 01-mar-2015]  
<http://www.adaptado.es>
- [3] Normativa [03-mar-2015]  
[http://www.ceapat.es/ceapat\\_01/centro\\_documental/publicaciones/informacion\\_publicacion/index.htm?id=1966](http://www.ceapat.es/ceapat_01/centro_documental/publicaciones/informacion_publicacion/index.htm?id=1966)
- [4] Video My Slave [15-mar-2015]  
[https://www.youtube.com/watch?v=yHx4lwN\\_05o&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=yHx4lwN_05o&feature=youtu.be)
- [5] Video lopa [15-mar-2015]  
[https://www.youtube.com/watch?v=JfHI\\_nr92Tg&list=PLO0tN6w\\_LeTWbz6prK0c2hM\\_FaaBBsOUk](https://www.youtube.com/watch?v=JfHI_nr92Tg&list=PLO0tN6w_LeTWbz6prK0c2hM_FaaBBsOUk)
- [6] Videos motorizaciones coreanas [15-mar-2015]  
<http://www.v2load.com/videos/ZDCwajsebZg/>
- [7] Referencias y precios  
<http://www.bipandbip.com/>

## Artículos y documentación

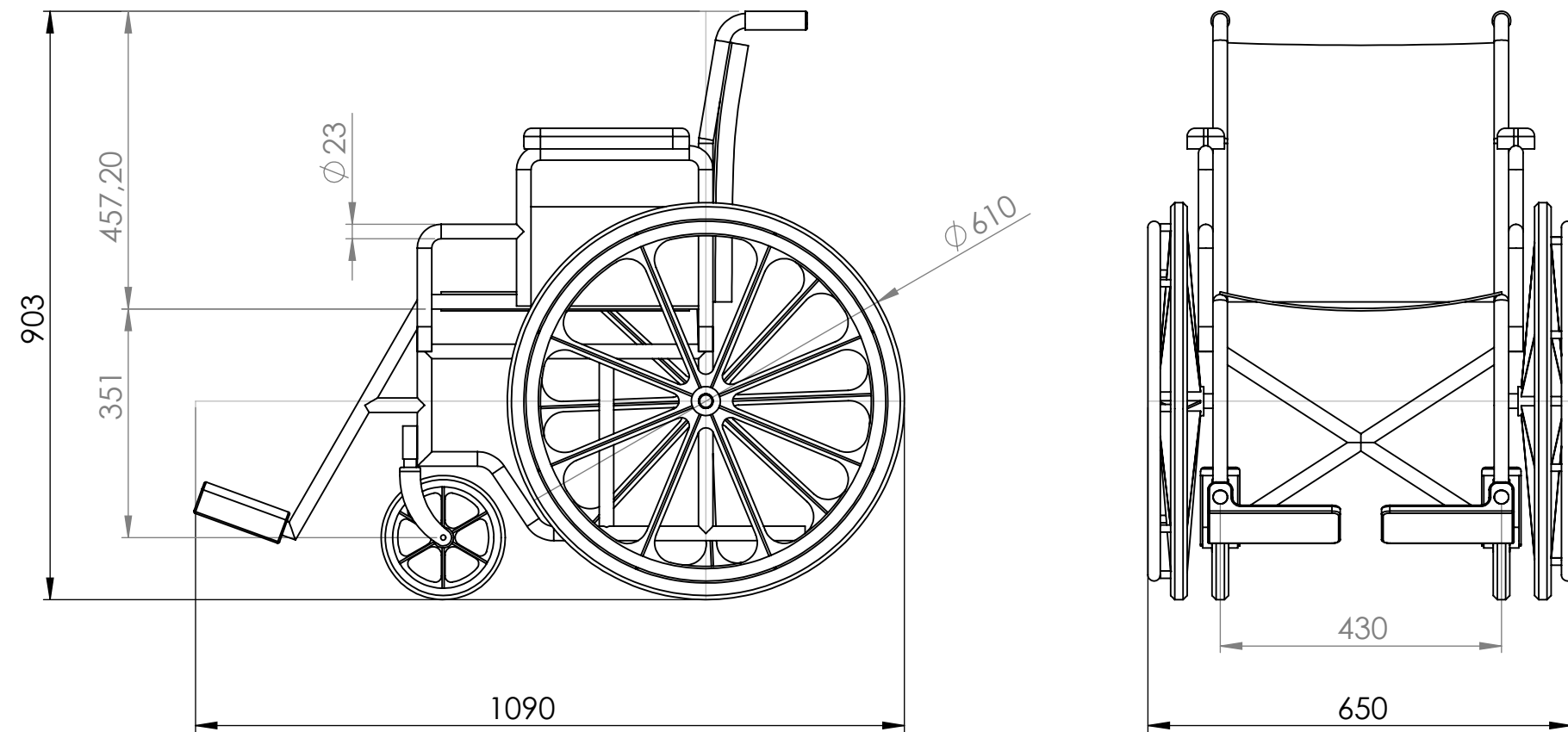
- [8] OMS, Informe mundial sobre la discapacidad, 2011.
- [9] Pere Ponsa, M6 Agile, Interacció Persona-sistema. UPC. 2014.

## Manuales y catálogos

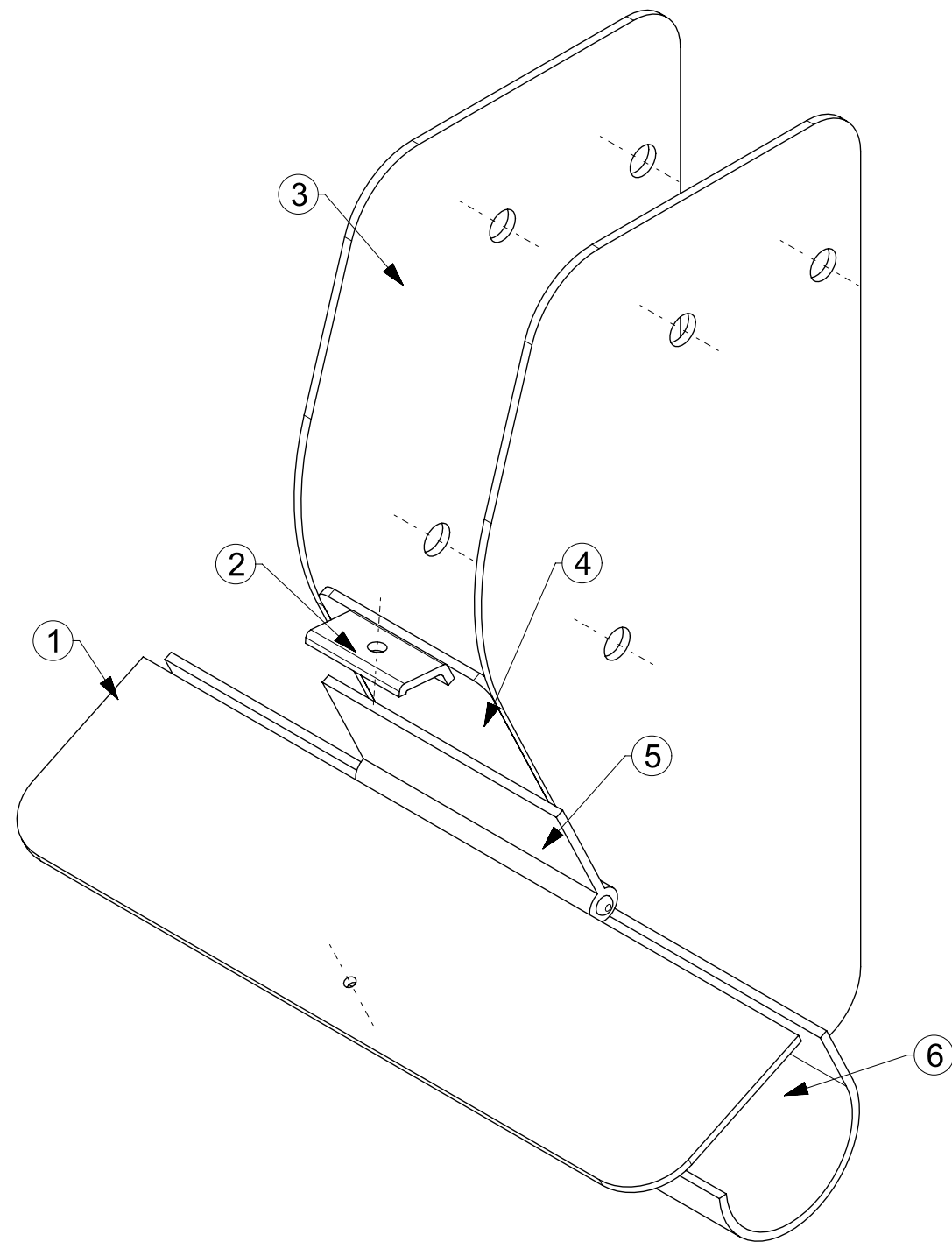
- [10] Breezy 300. *Premium products. Quality service*. Sunrise Medical SL.
- [11] Action<sup>2</sup>. Invacare.
- [12] Quickie. Live without limits. Sunrise Medical SL.
- [13] Firefly. Electric Handcycle. *User manual*. Rio Mobility. 2010.
- [14] Batec. Manual de instrucciones. Batec Mobility. 2013.
- [15] MySlave. Batriebsanleitung. 2015.

## **ANEXOS**

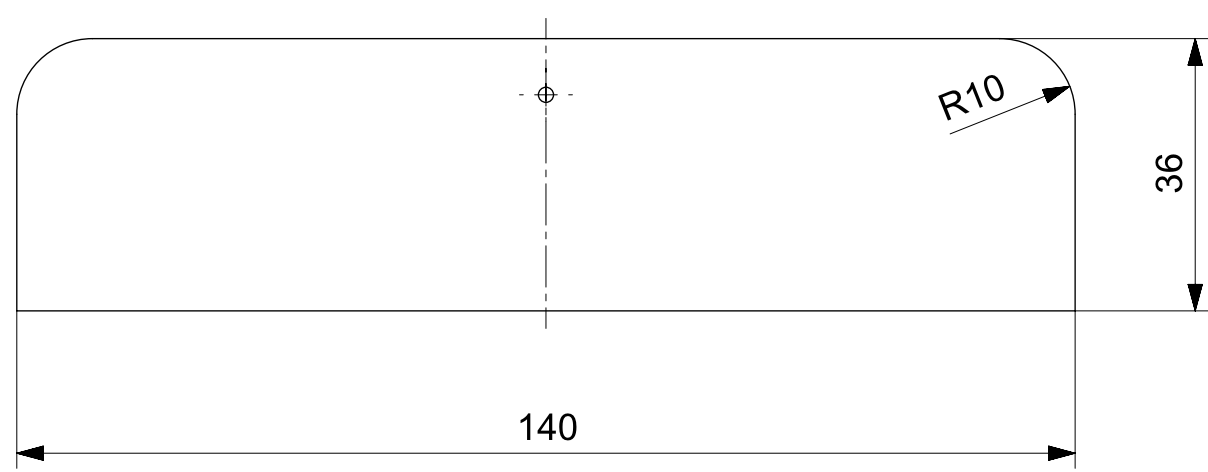
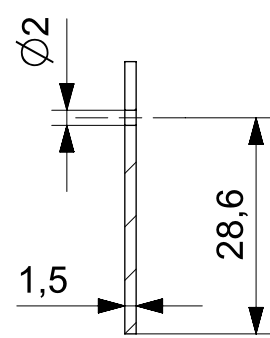
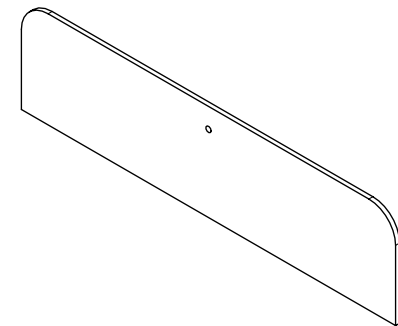
### **Planos técnicos**



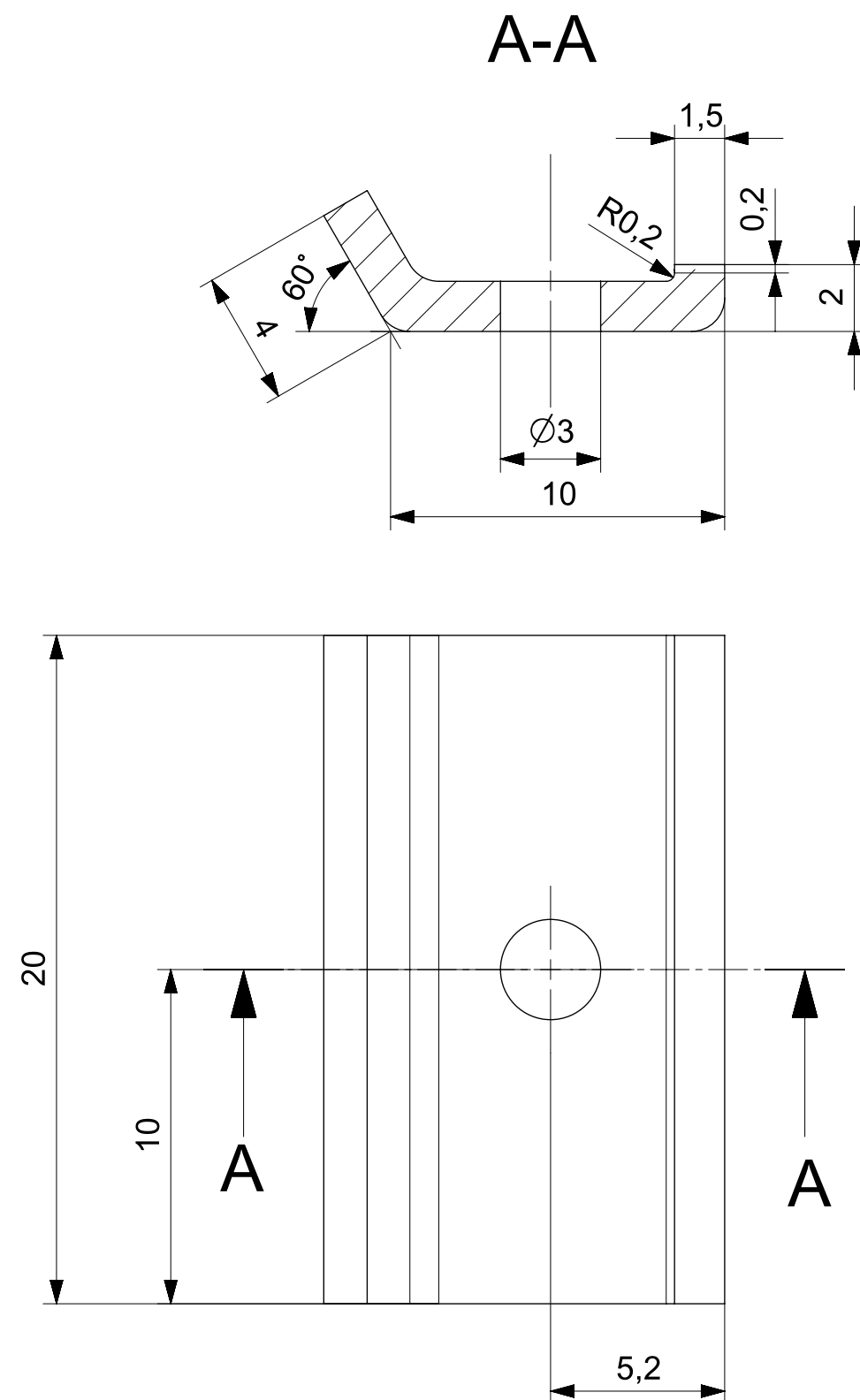
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
	NOMBRE	FIRMA	FECHA				TÍTULO:		
DIBUJ.							N.º DE DIBUJO <b>cadira de rodes</b>		
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.									
				MATERIAL:					
				PESO:			ESCALA:1:1		HOJA 1 DE 1



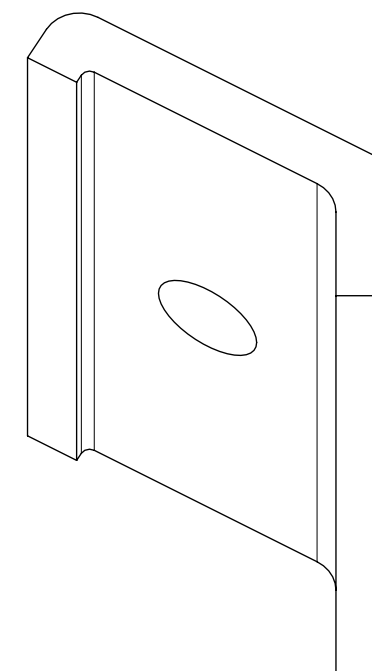
6	Pinza sujeción	1			
5	Bisagra	1	-	-	-
4	Unión sujeción	1	-	-	-
3	Chapa lateral suj.	2	-	-	-
2	Pasacables suj.	1	-	-	-
1	Tapa sujeción	1	-	-	-
nº pieza	descripción	cantidad	material	norma	tratamientos
	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.  Vilanova i la Geltrú		
DIBUIXAT					
COMPROVAT					
ID.S.NORMES					
ESCALA	CONJUNTO SUJECIÓN INFERIOR				
1:1				Ex. Nro.:	
				CURS	



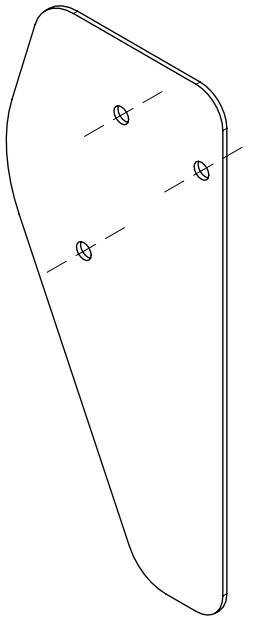
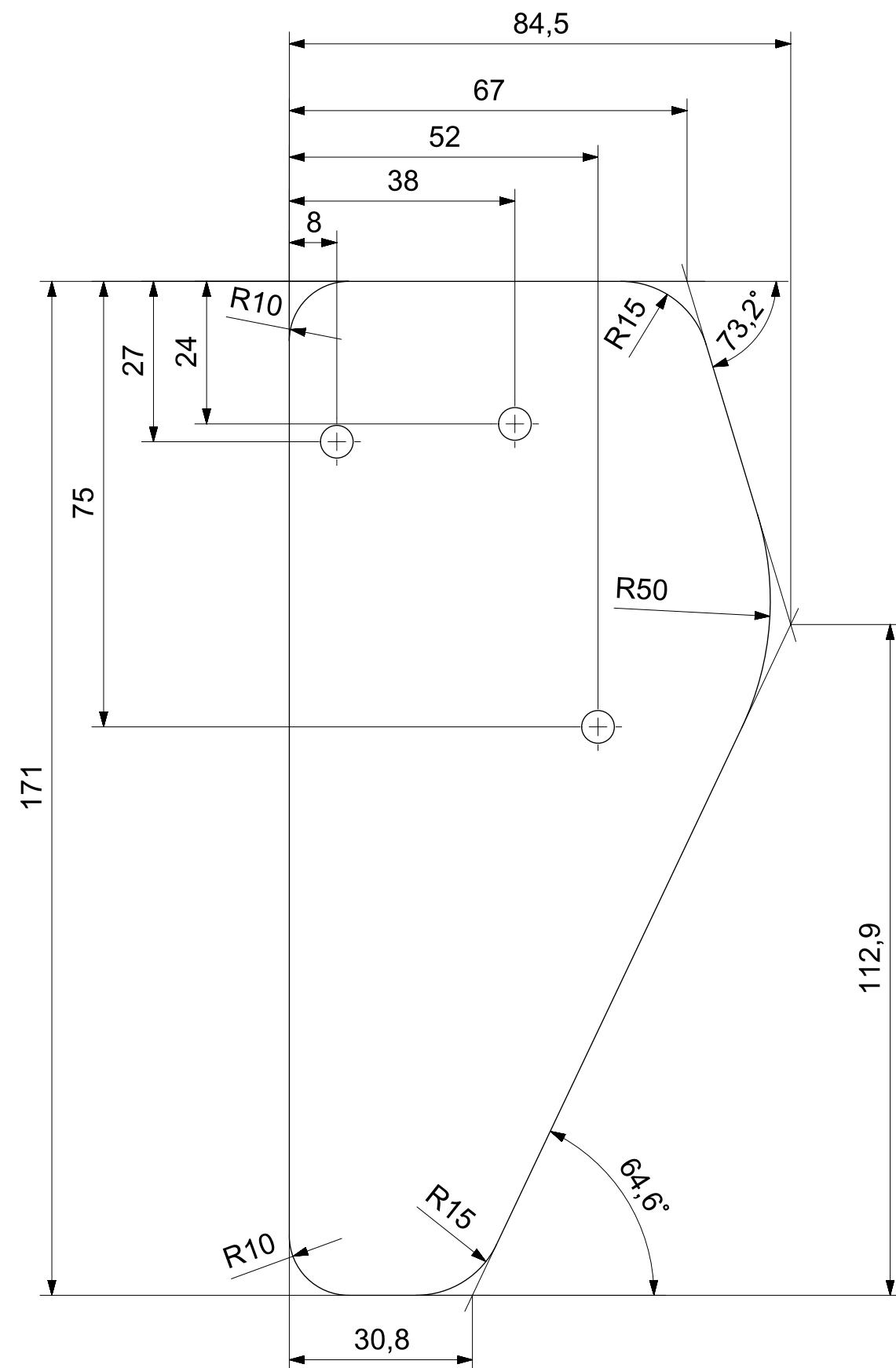
	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E. Vilanova i la Geltrú	
DIBUIXAT				
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	TAPA SUJECIÓN			
1:1				Ex. Nro.:
				CURS



- Radios no acotados R=1
- Espesor de chapa x1,5mm

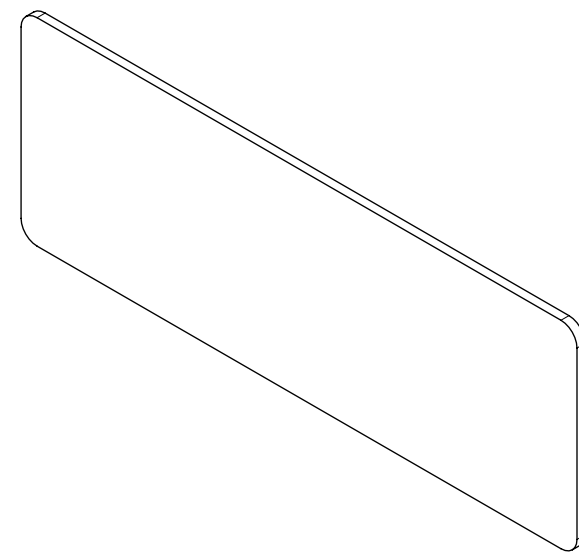
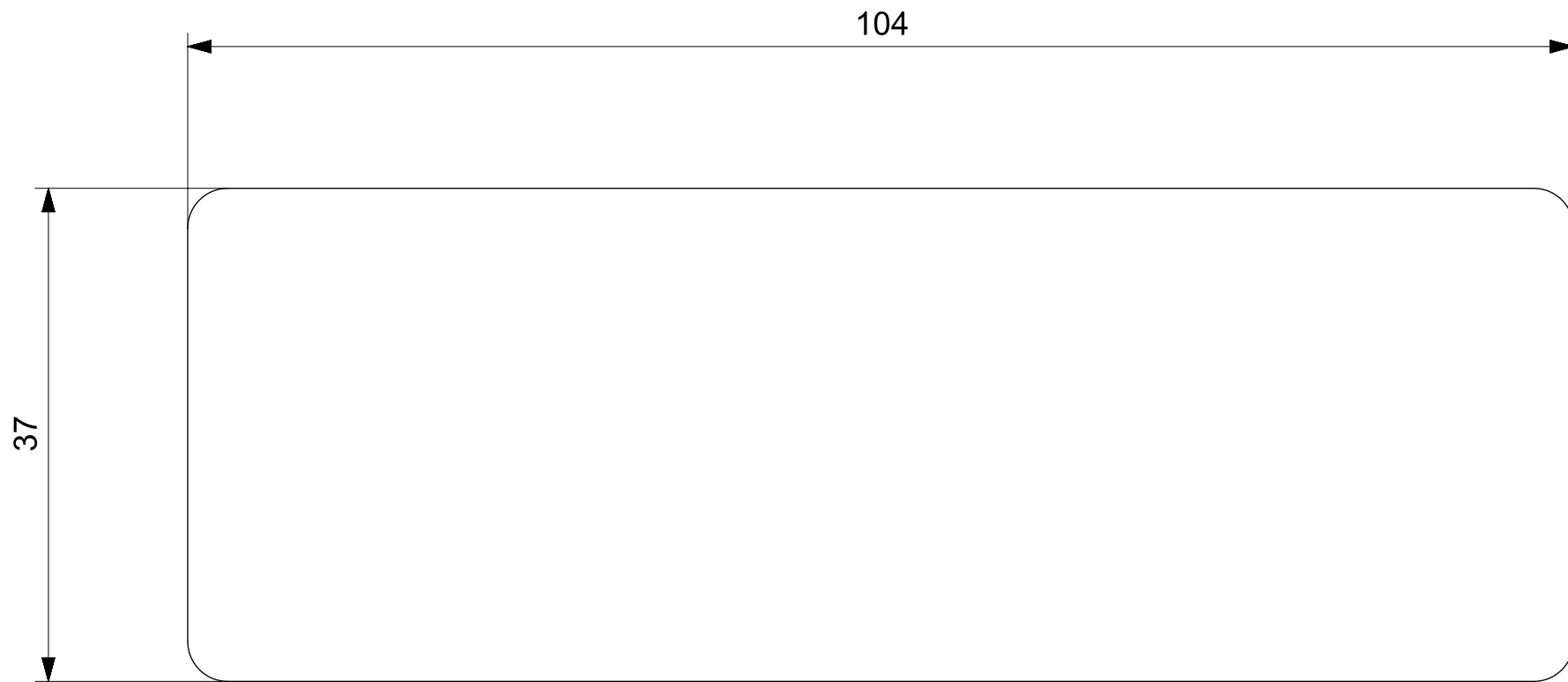


	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	PASACABLES SUJECCIÓN			
2-1				Ex. Nro.:
				CURS



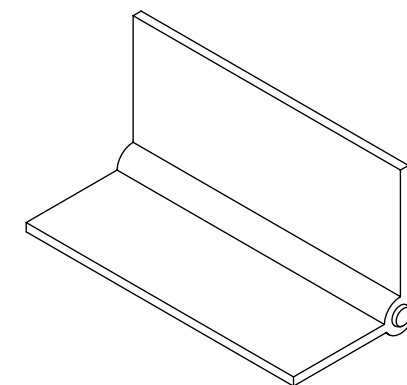
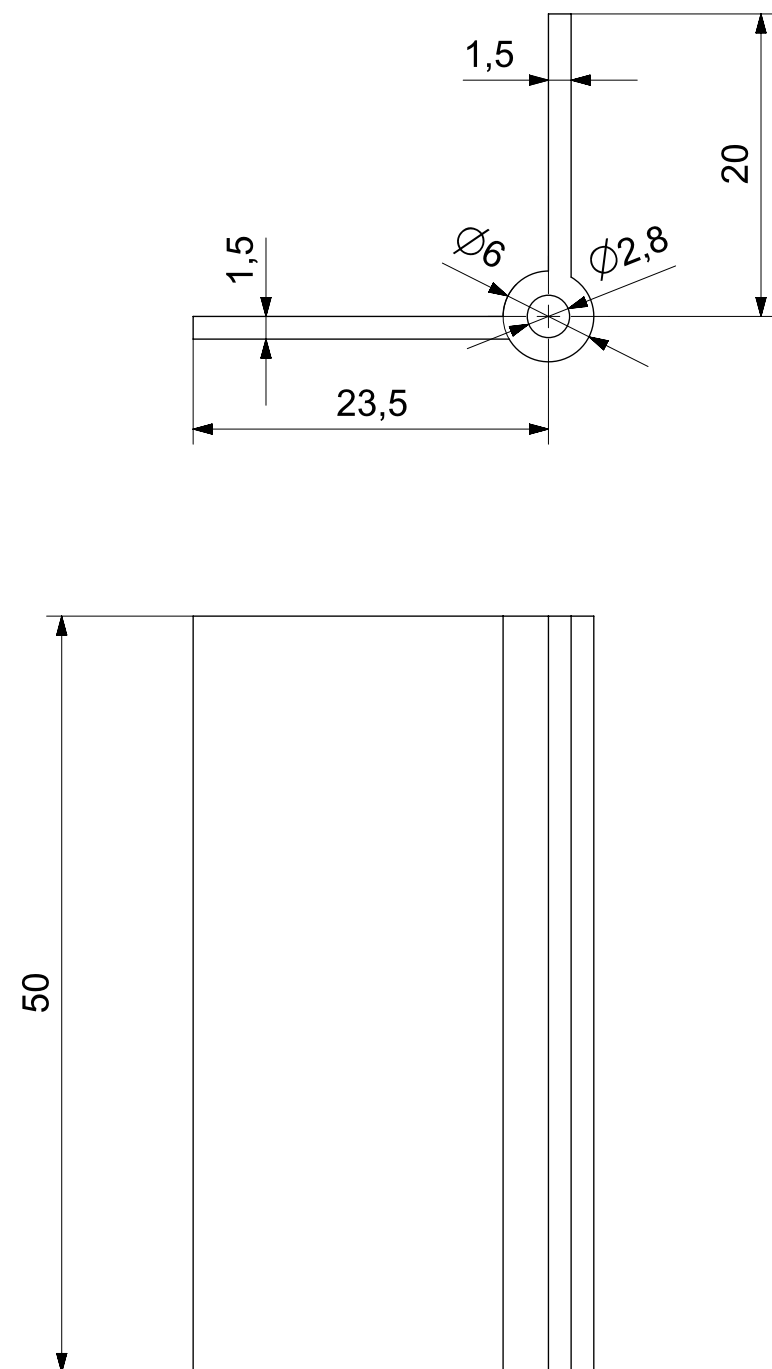
	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	chapa sujecion lateral			
1:1				Ex. Nro.:
				CURS





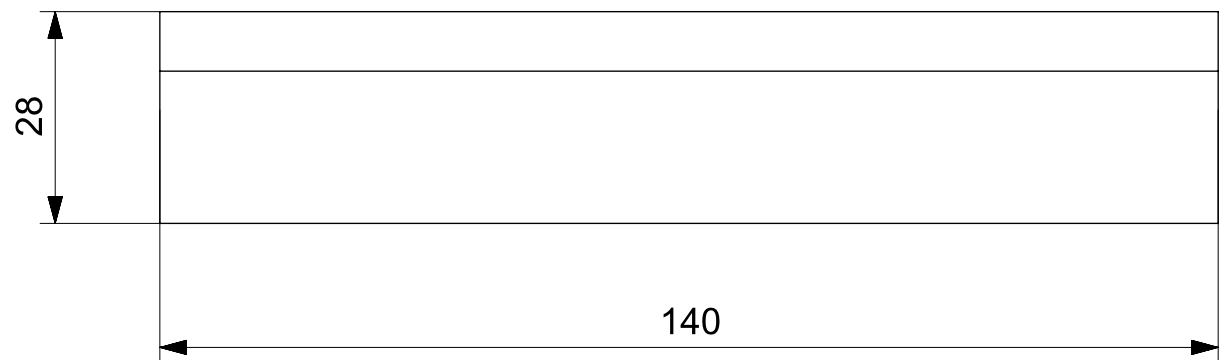
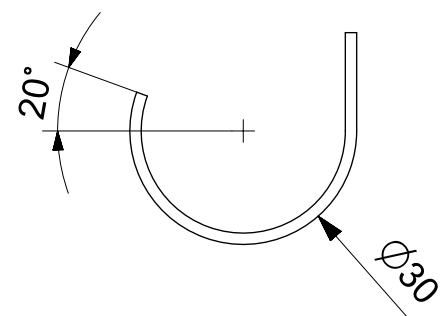
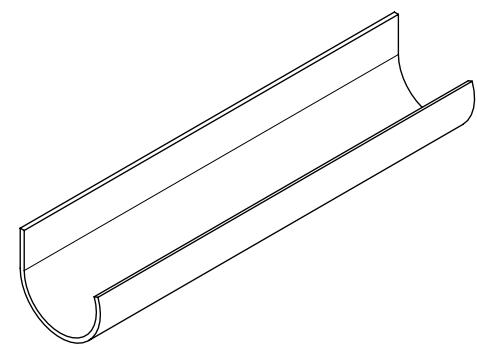
-Radios no acotados R=3  
- Espesor de chapa x1,5

	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	UNION SUJECION			
2:1				Ex. Nro.:
				CURS



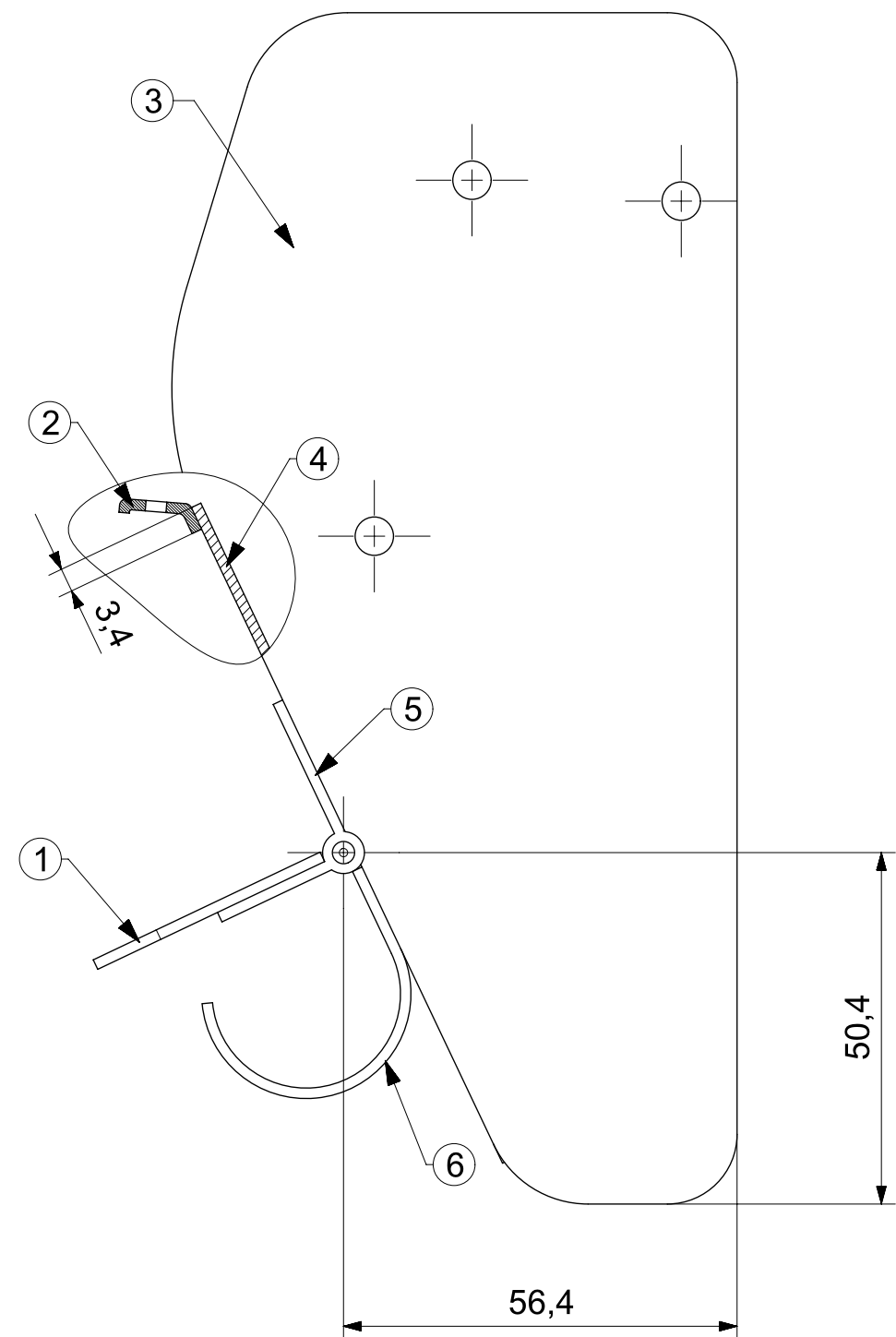
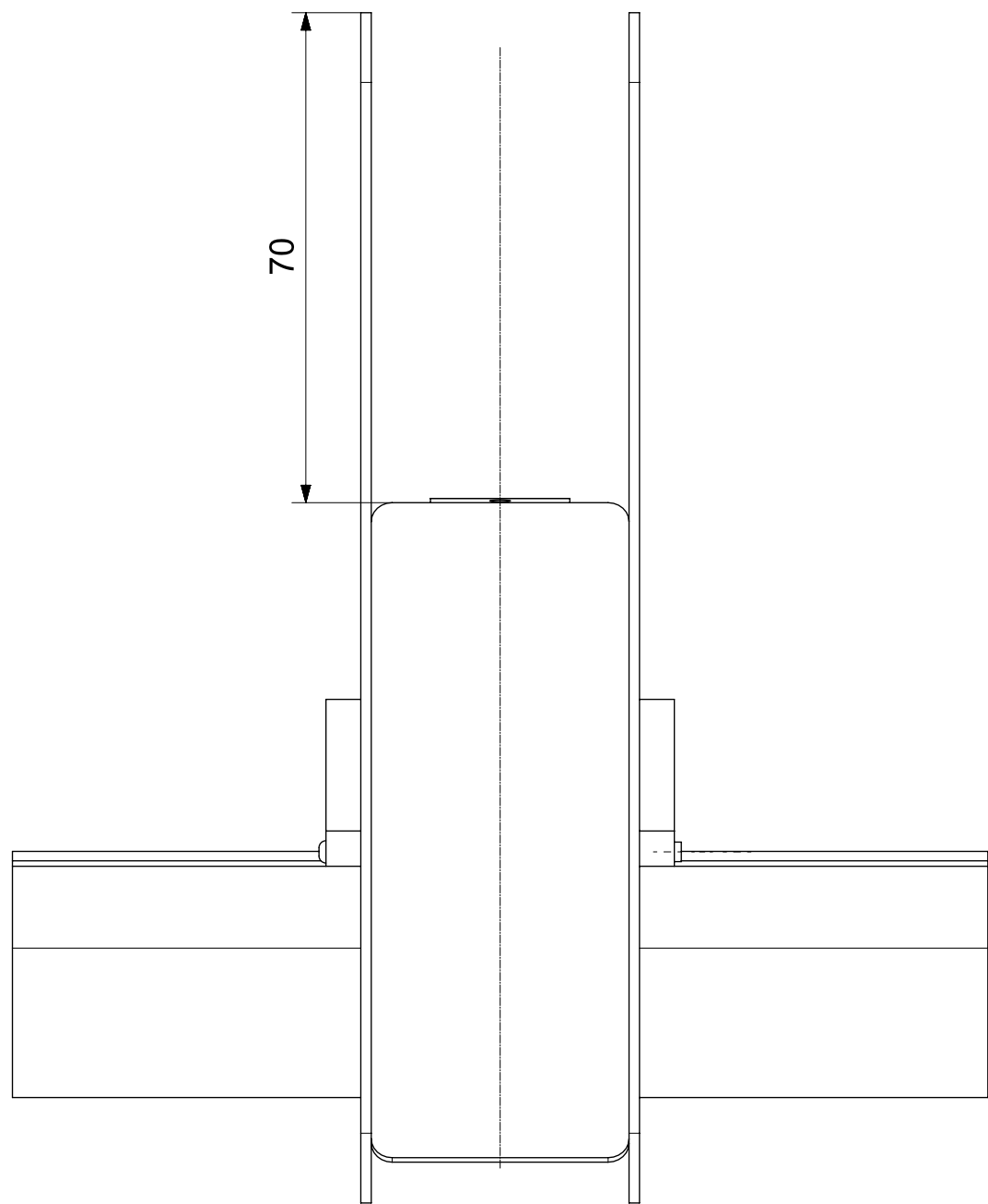
- Agujeros colisos pasantes

	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	BISAGRA			
2:1				Ex. Nro.:
				CURS

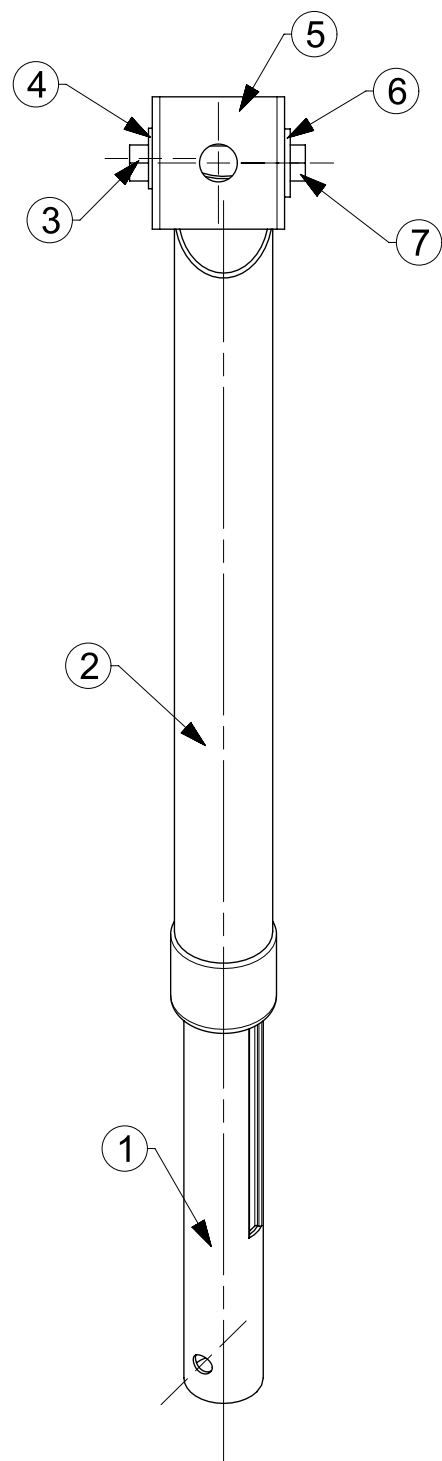


- Grosor de chapa x1,5

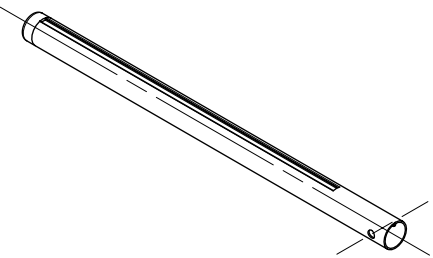
	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	PINZA SUJECCIÓN LATERAL			
1:1				Ex. Nro.:
				CURS



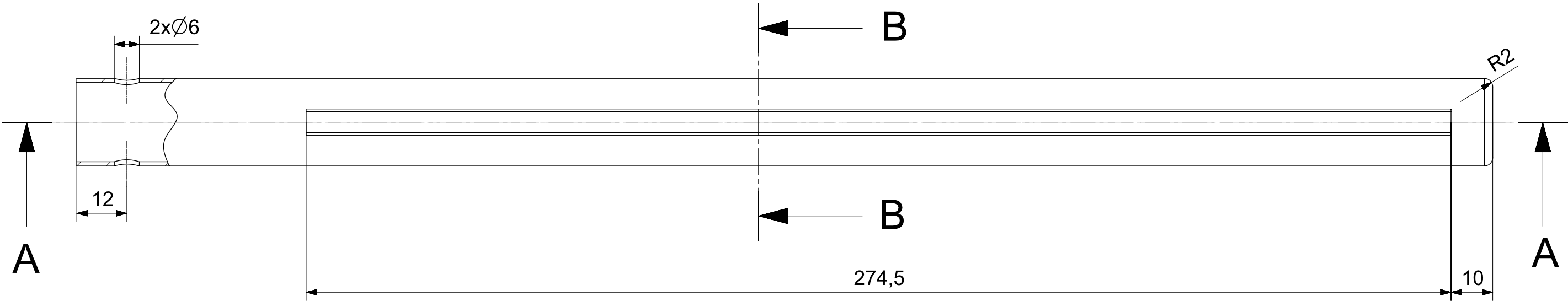
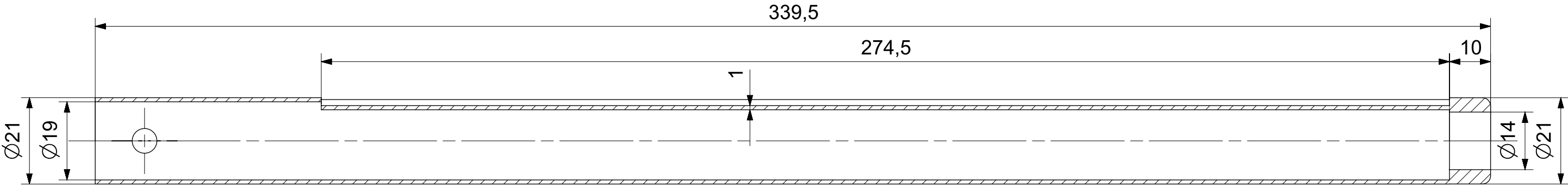
	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	SUJECION INFERIOR COTAS ORIENTATIVAS DE CONJUNTO			
1:1				Ex. Nro.:
				CURS



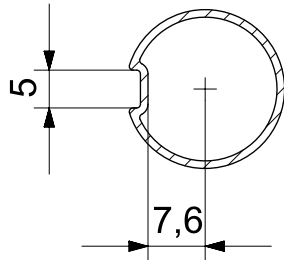
6	Pasador M5	1			
5	Enganche	1	-	-	-
4	Arandela M5	1	-	-	-
3	Tuerca M5	1	-	-	-
2	Barra central ext.	1	-	-	-
1	Barra central int.	1	-	-	-
nº pieza	descripción	cantidad	material	norma	tratamientos
	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.  Vilanova i la Geltrú		
DIBUIXAT					
COMPROVAT					
ID.S.NORMES					
ESCALA	CONJUNTO ENGANCHE CENTRAL				
1:2				Ex. Nro.:	
				CURS	



CORTE A-A

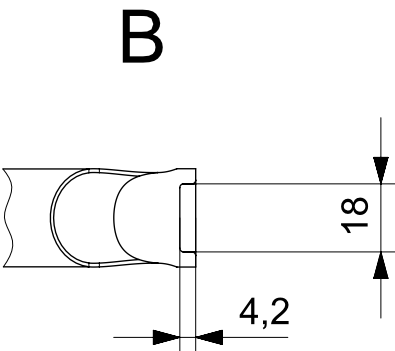
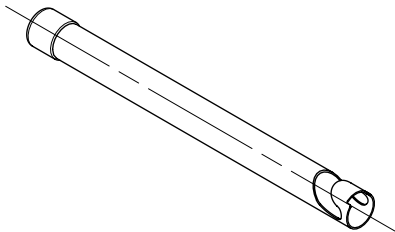


SECCION B-B

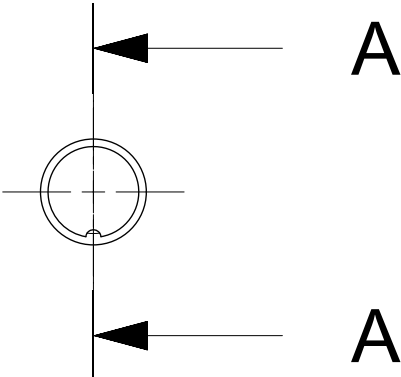
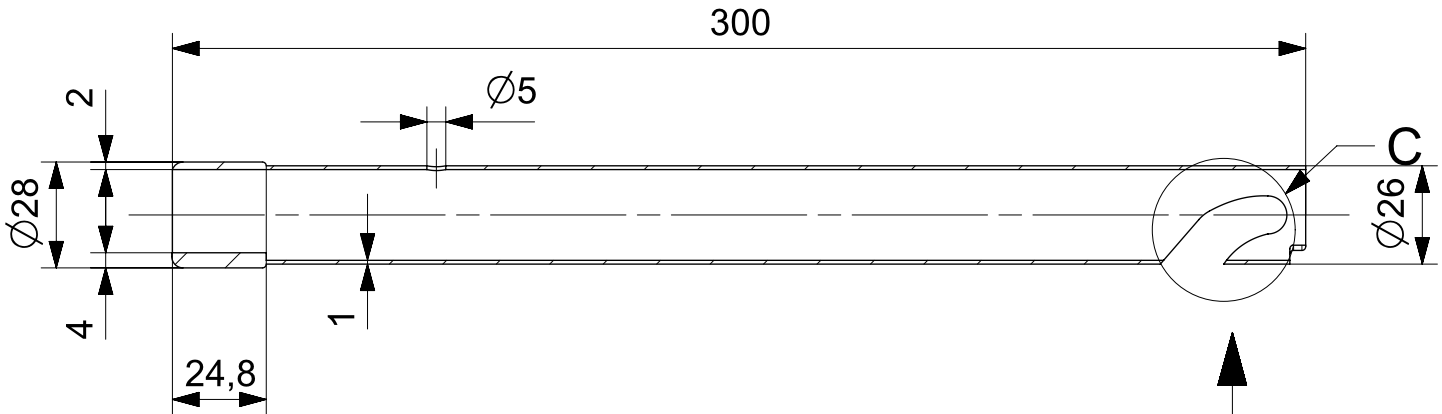


- Radios no acotados R=0,5

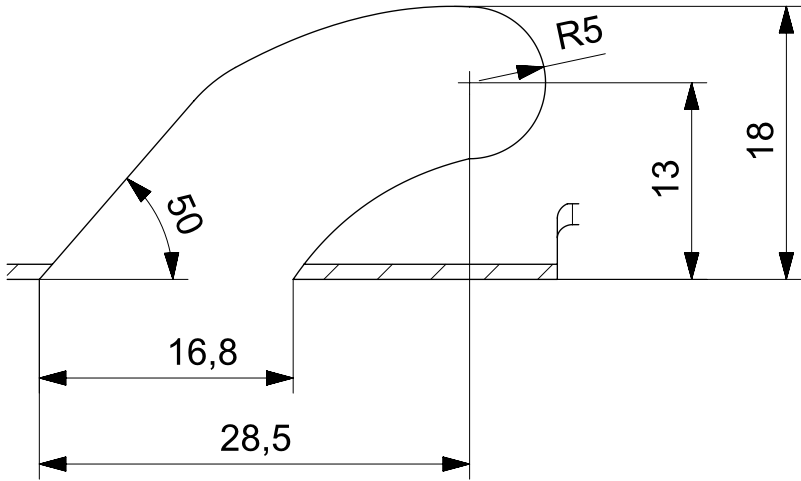
	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	BARRA CENTRAL INTERIOR			
1:1			Ex. Nro.:	
			CURS	



CORTE A-A

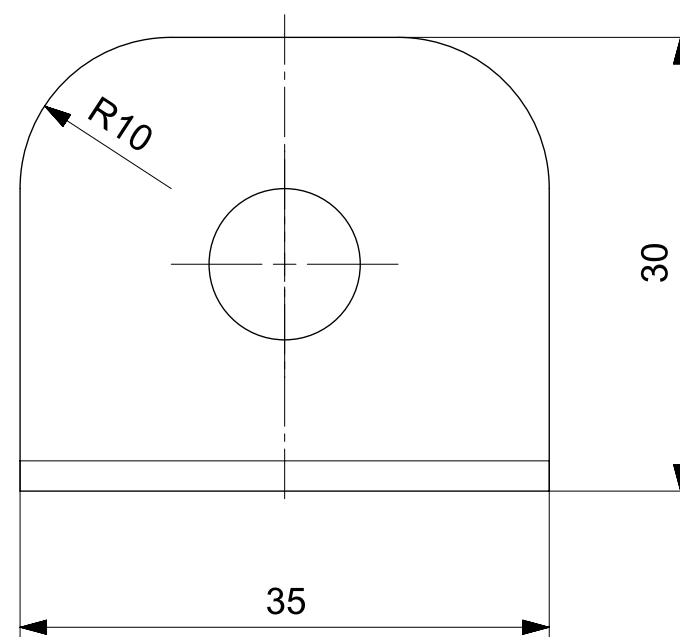
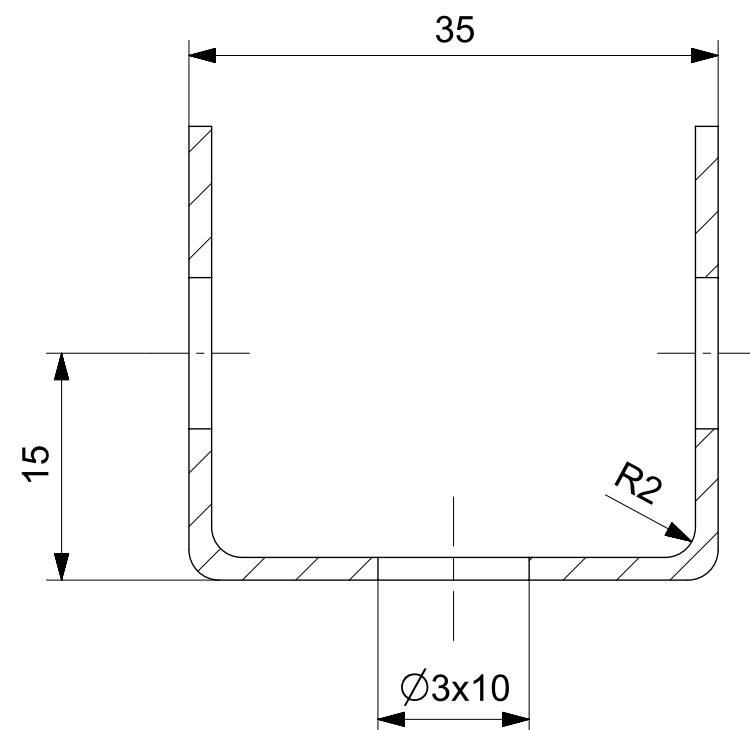
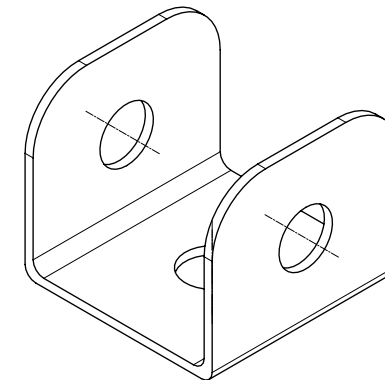


DETALLE C  
ESCALA 2:1



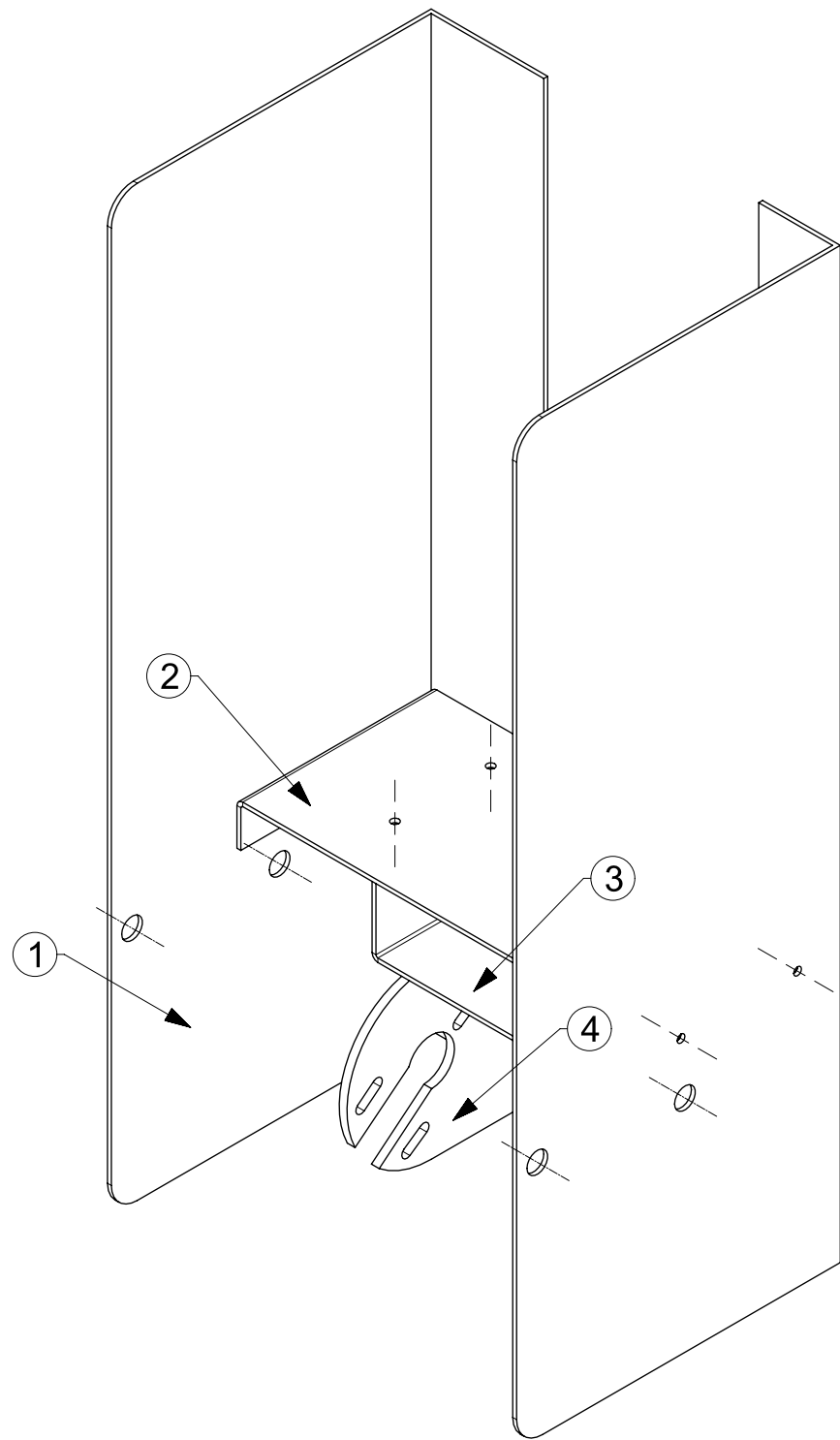
	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	BARRA CENTRAL EXTERIOR			
1:2				Ex. Nro.:
				CURS



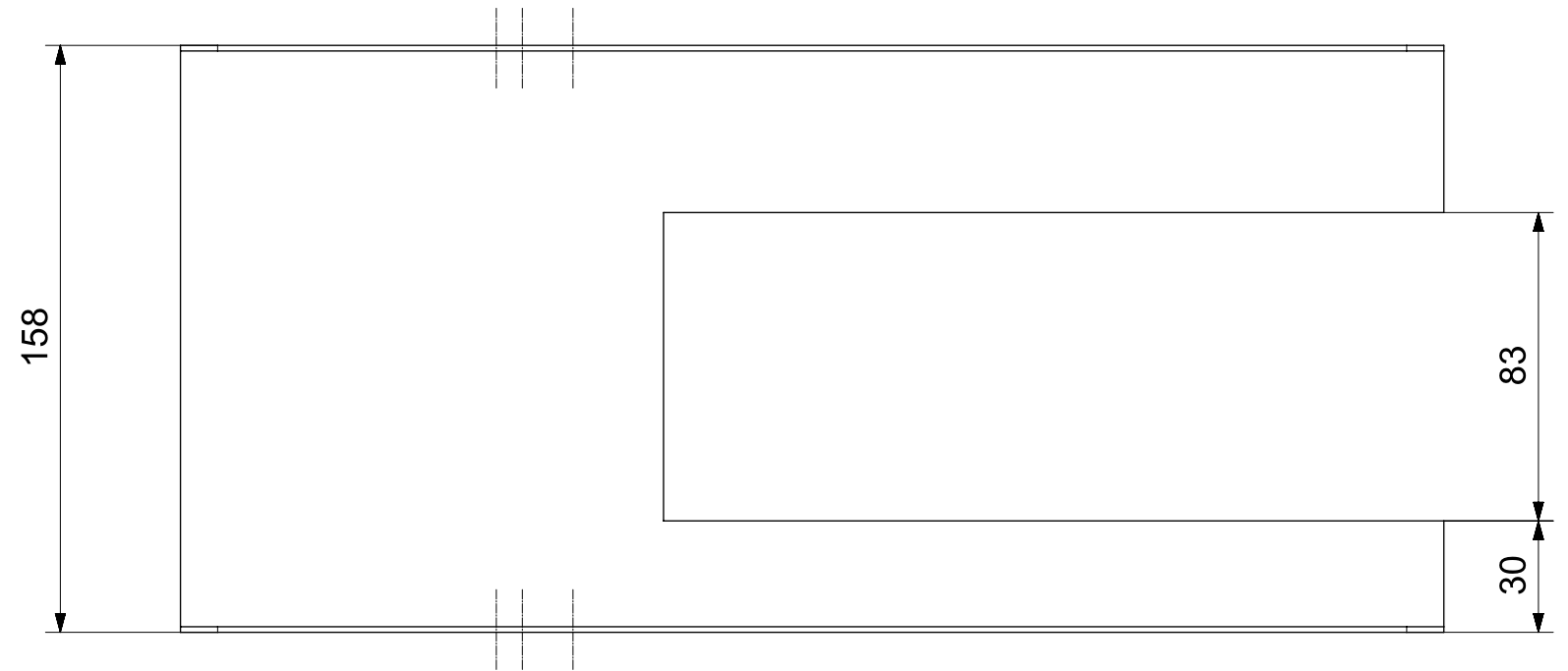
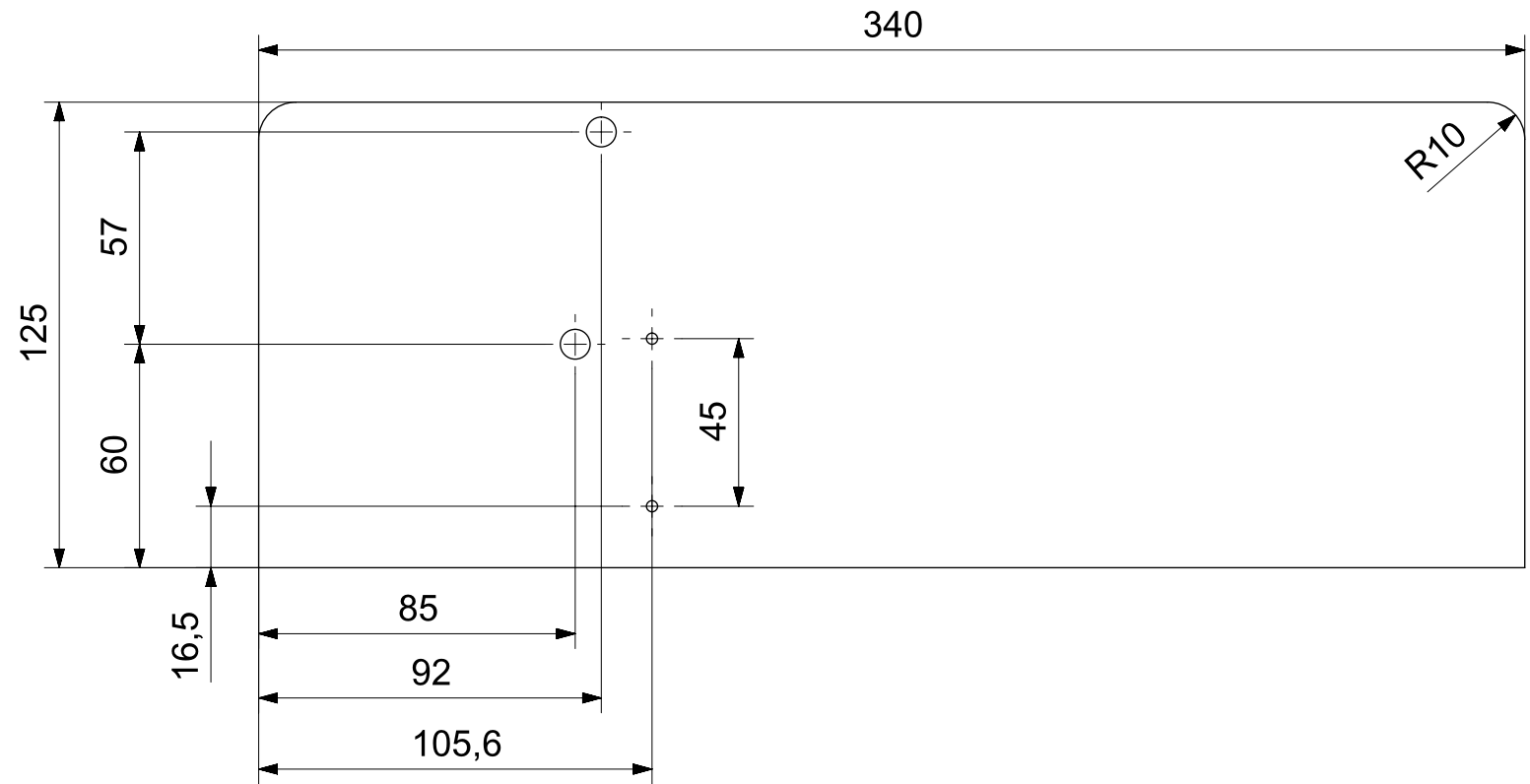
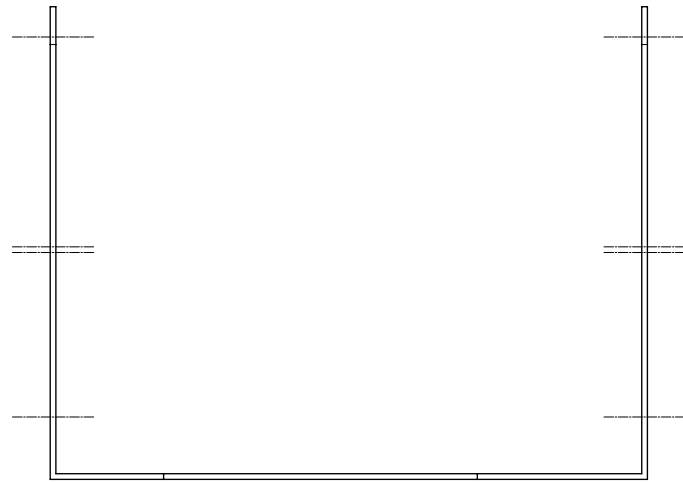


-Espesor de chapa x1,5mm

	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	ENGANCHE			
2:1				Ex. Nro.:
				CURS



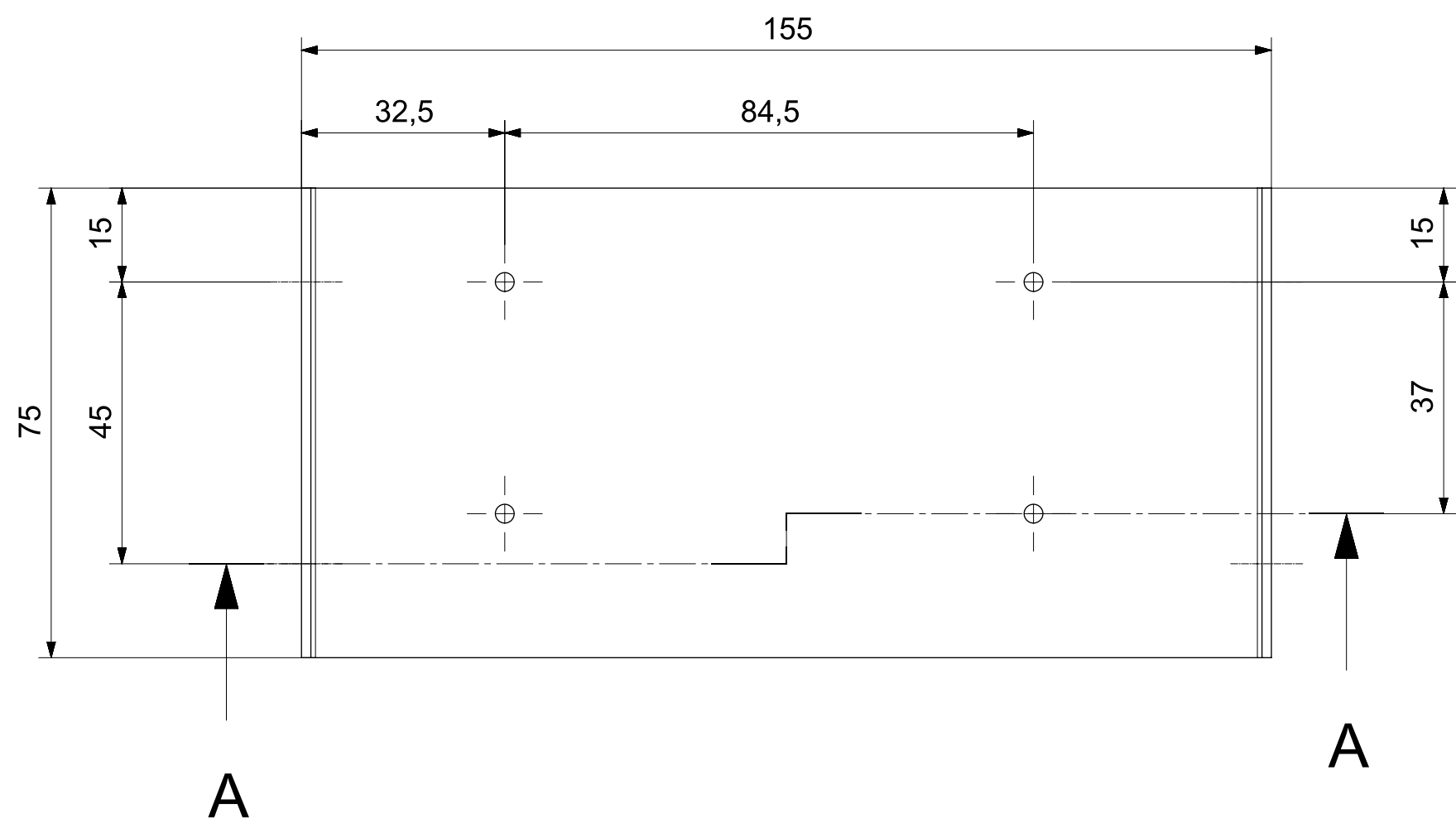
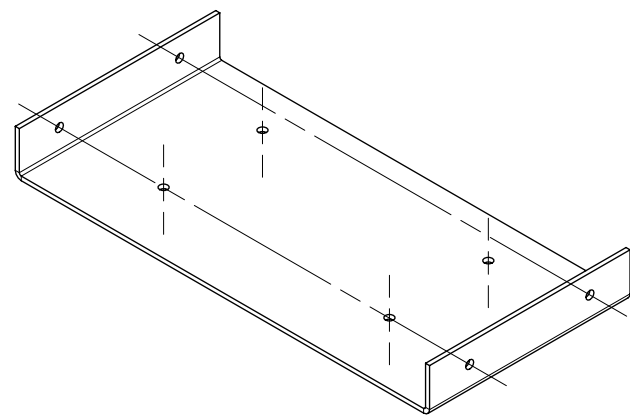
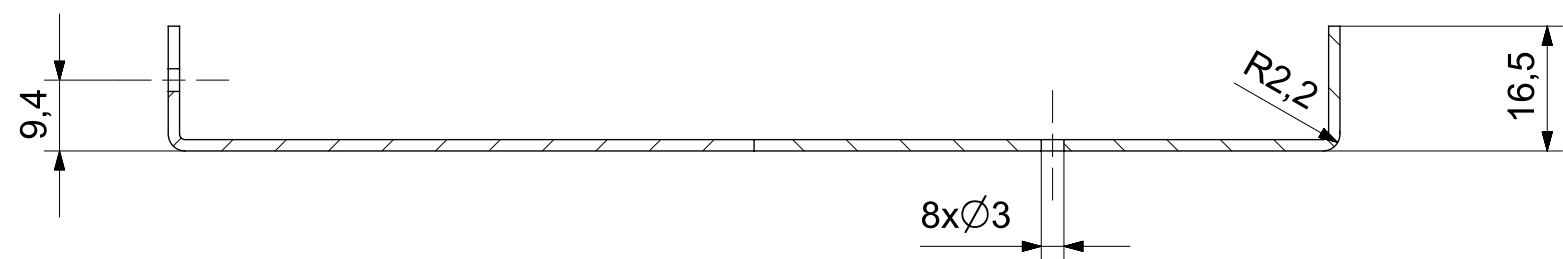
4	S. motor chapa 2	1	-	-	-
3	S. controlador	1	-	-	-
2	S. bateria	1	-	-	-
1	S. motor chapa 1	1	-	-	-
nº pieza	descripción	cantidad	material	norma	tratamientos
	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.  Vilanova i la Geltrú		
DIBUIXAT					
COMPROVAT					
ID.S.NORMES					
ESCALA	CONJUNTO CARCASA MOTOR				
1:2				Ex. Nro.:	
				CURS	



-Espesor de chapa x1,5  
-Agujeros colisos pasantes

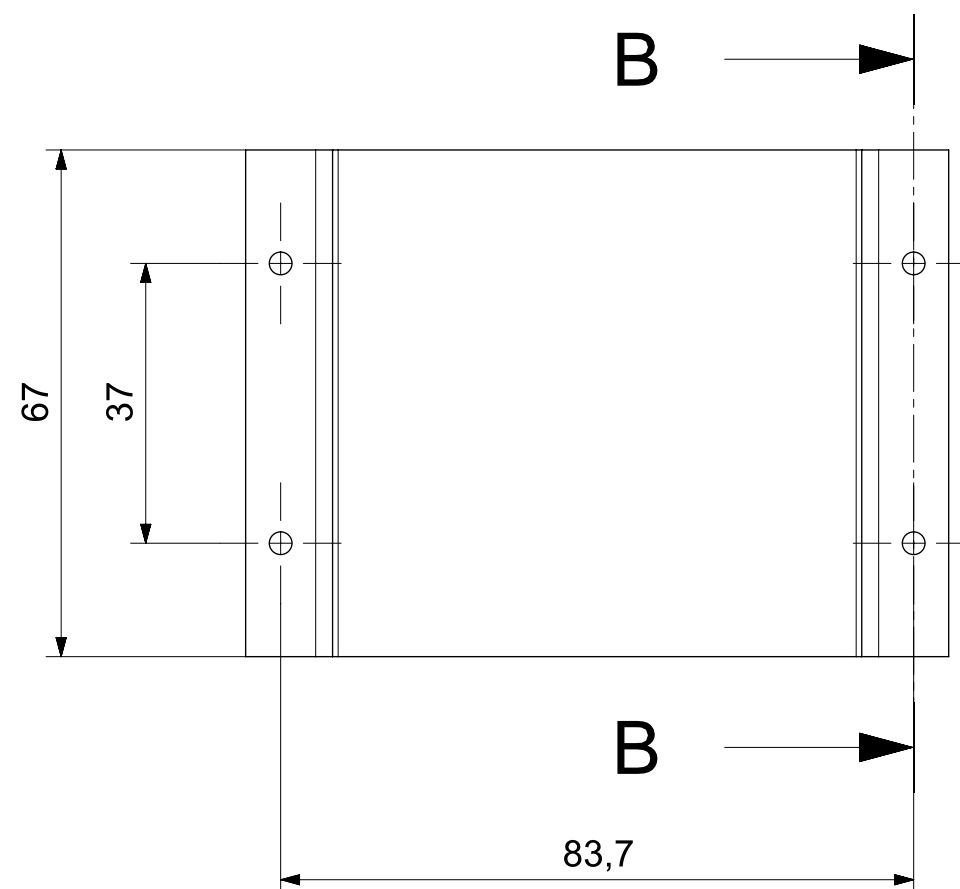
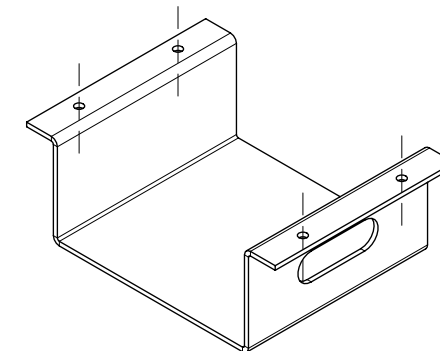
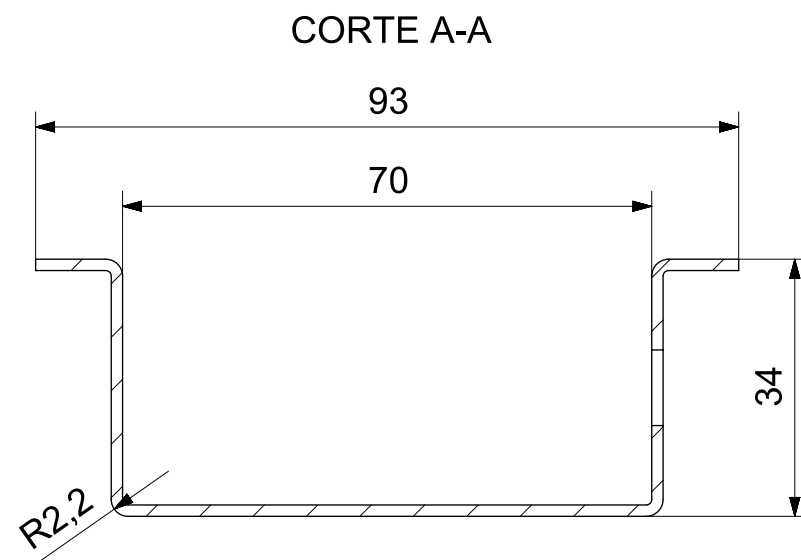
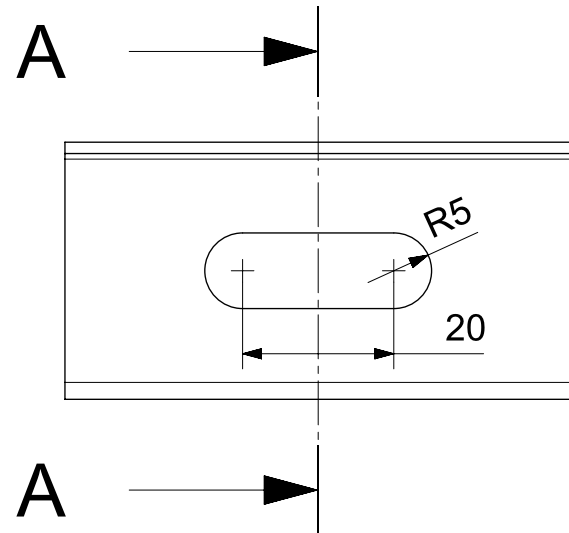
	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	SOPORTE MOTOR CHAPA 1			
1:2				Ex. Nro.:
				CURS

CORTE A-A

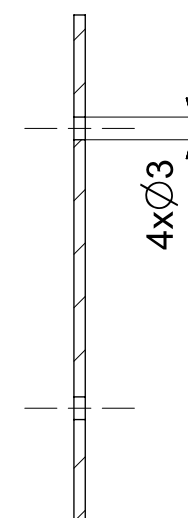


-Espesor de chapa x1,5

	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	SOPORTE BATERIA			
1:1				Ex. Nro.:
				CURS

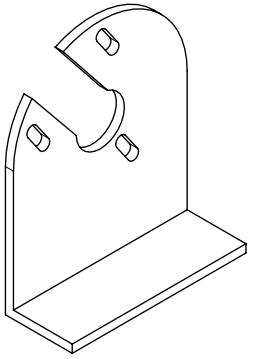
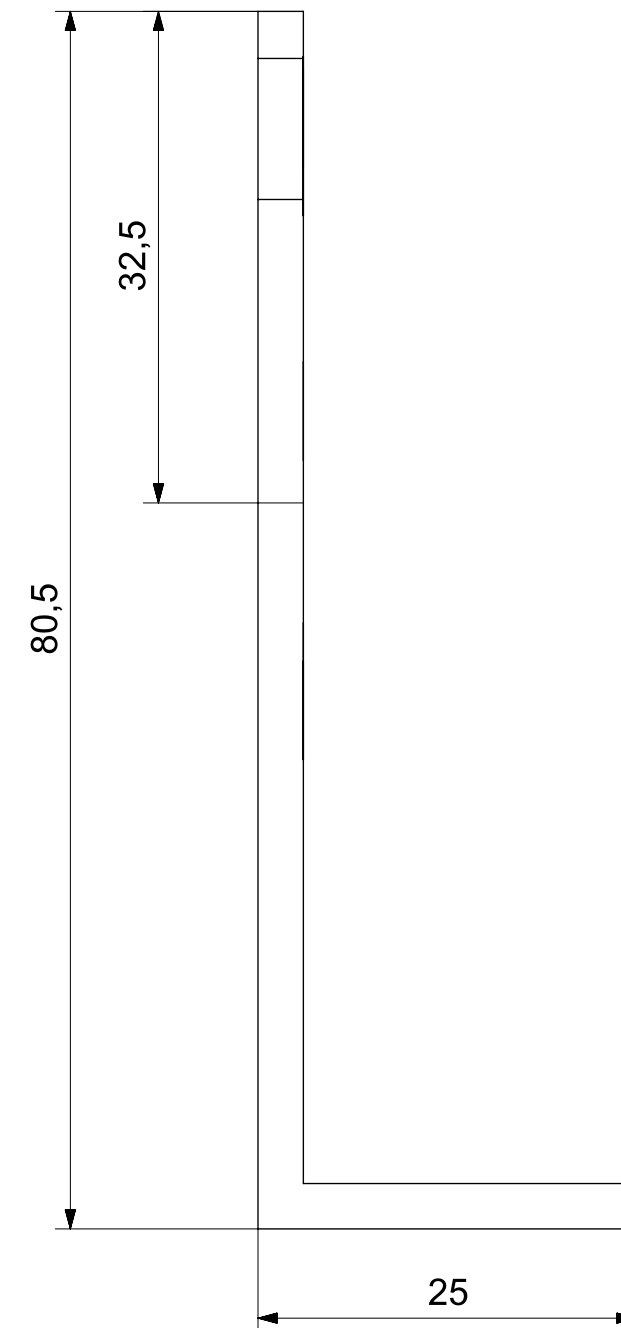
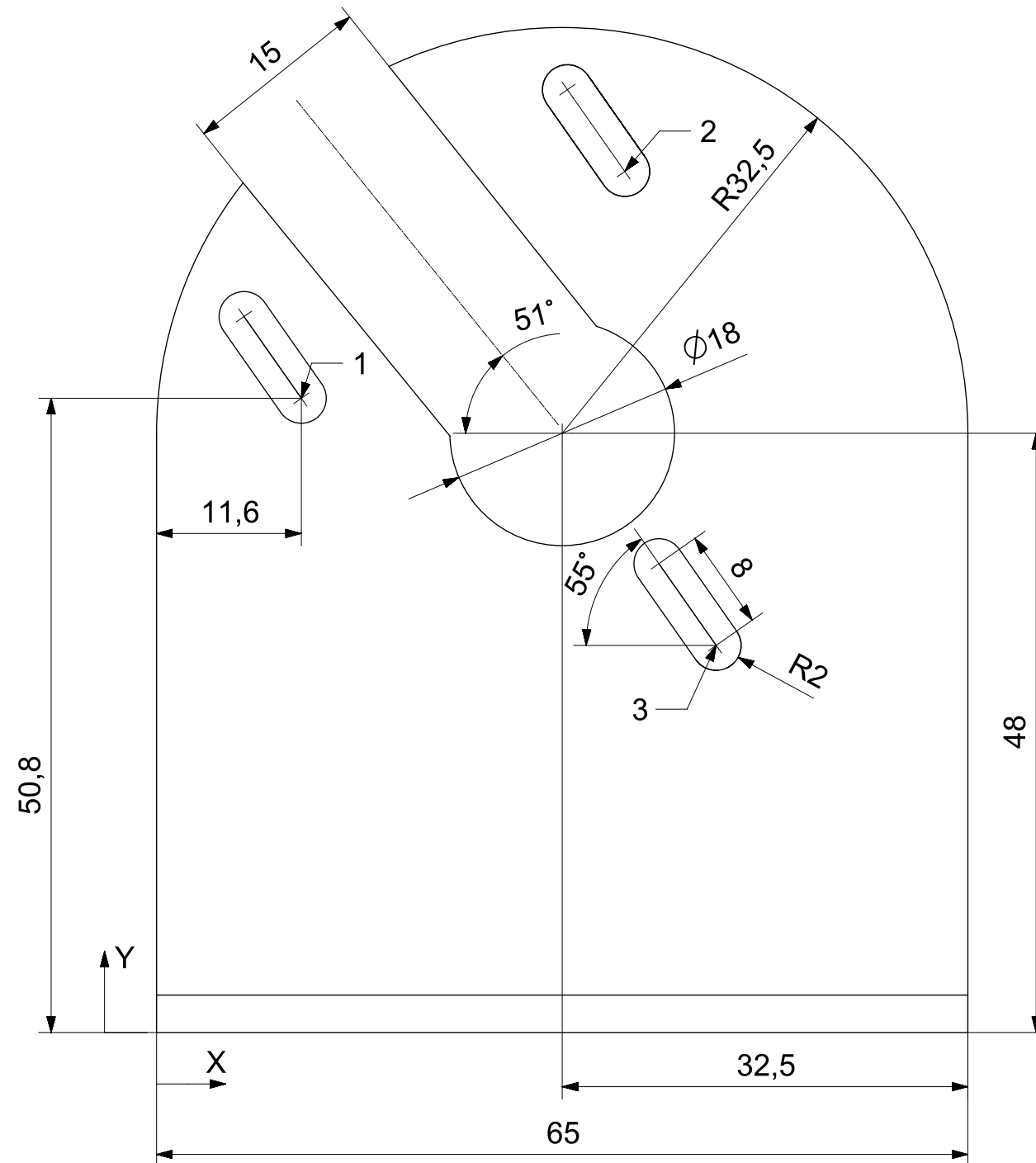


CORTE B-B



-Espesor de chapa x1,5

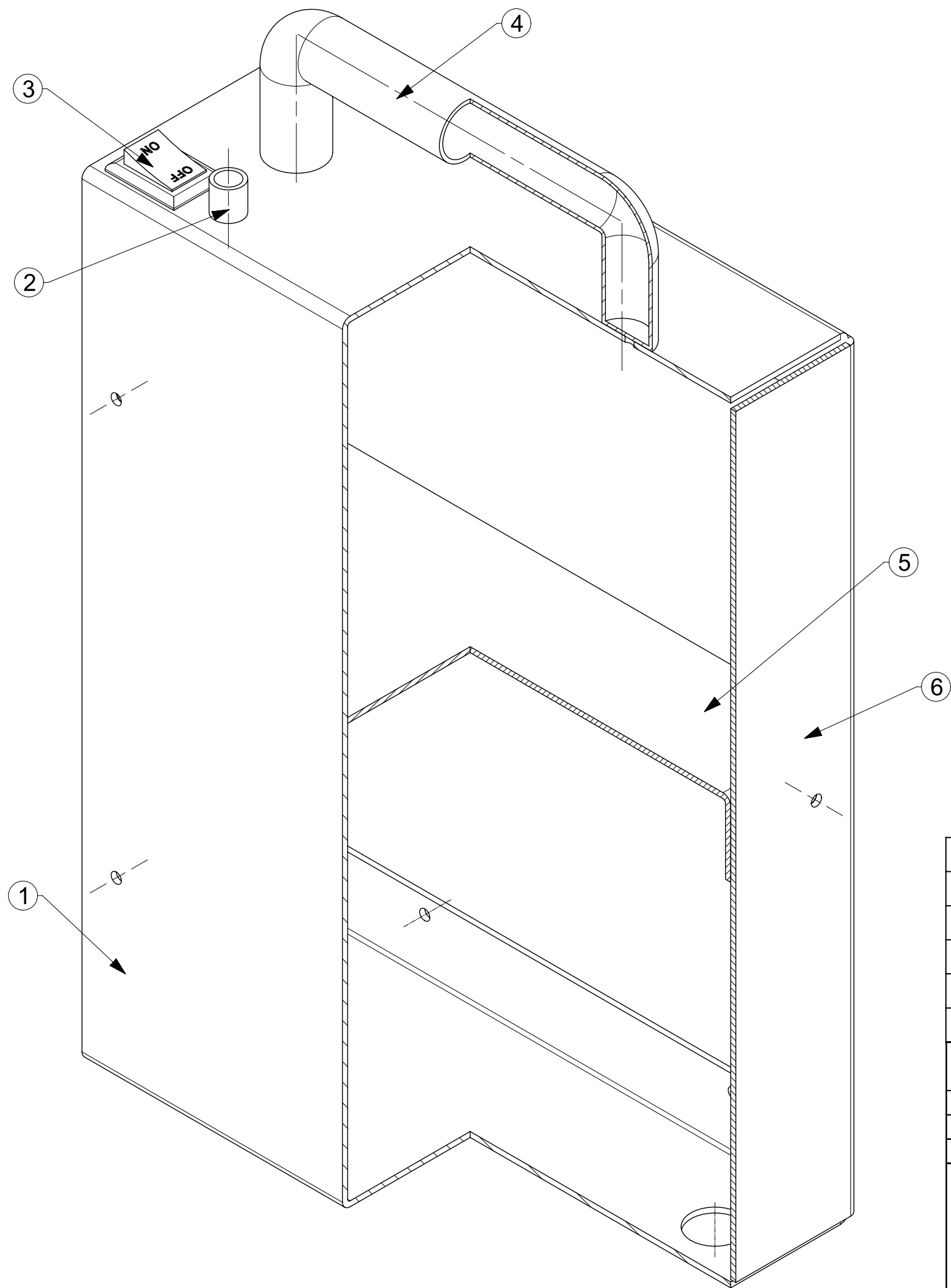
	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	SOPORTE CONTROLADOR			
1:1				Ex. Nro.:
				CURS



- Agujeros colisos pasantes

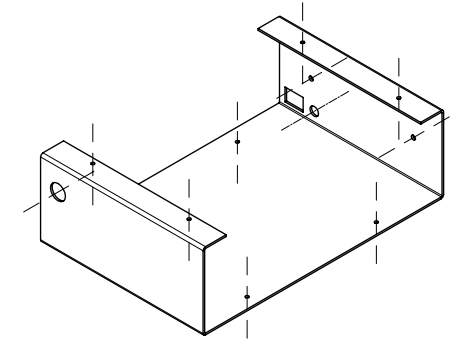
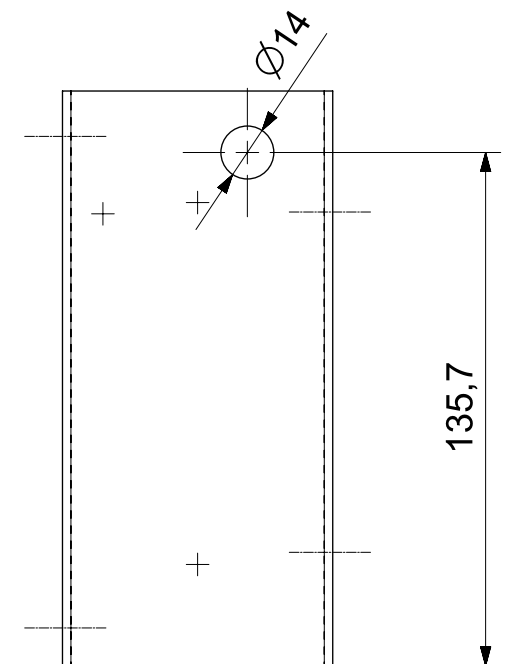
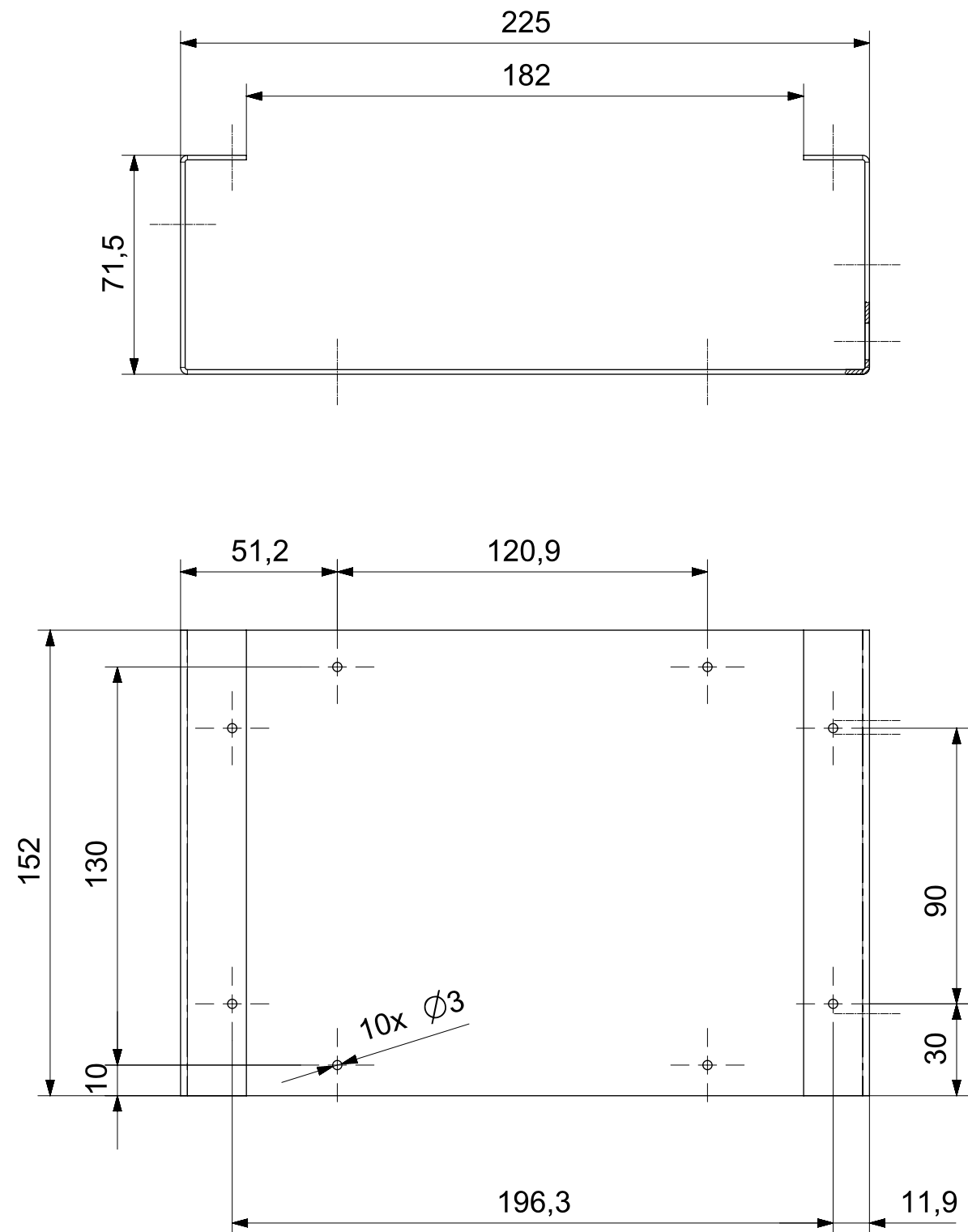
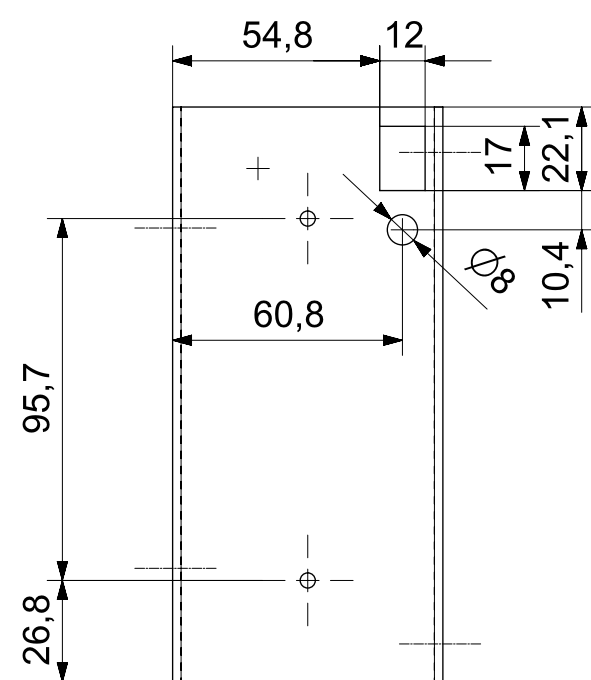
	X	Y
1	11,6	48
2	37,5	69
3	44,8	31

	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	CHAPA 2 SOPORTE MOTOR			
2:1				Ex. Nro.:
				CURS



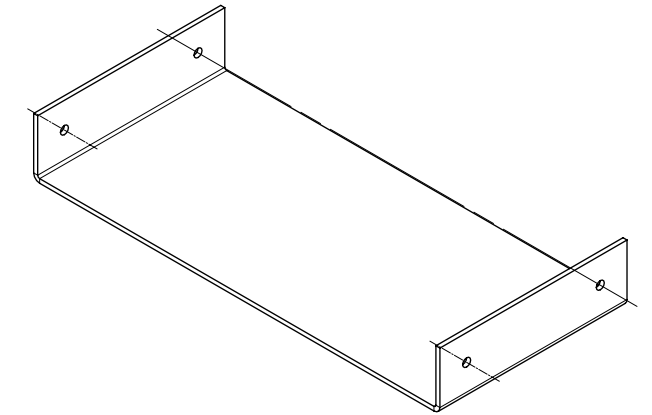
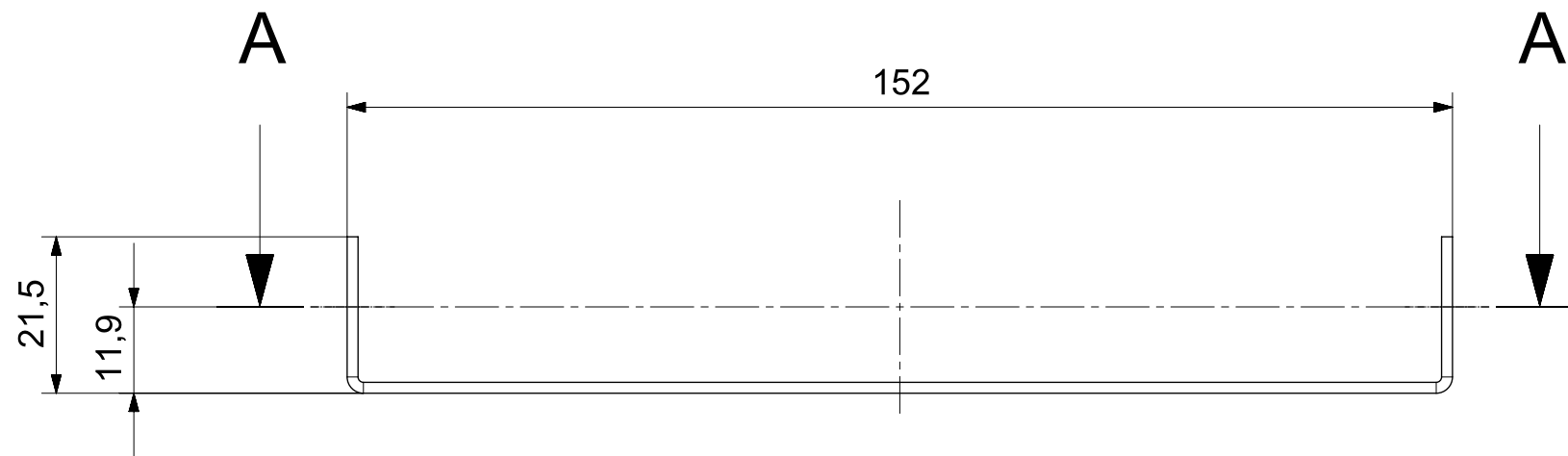
5	Bisagra	1	-	-	-
4	Soporte bat. caja	1	-	-	-
3	Asa caja bateria	1	-	-	-
2	Interruptor	1	-	-	-
1	Caja bateria T	1	-	-	-
nº pieza	descripción	cantidad	material	norma	tratamientos
	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E. Vilanova i la Geltrú		
DIBUIXAT					
COMPROVAT					
ID.S.NORMES					
ESCALA	CONJUNTO CAJA BATERIA				
1:1				Ex. Nro.:	
				CURS	



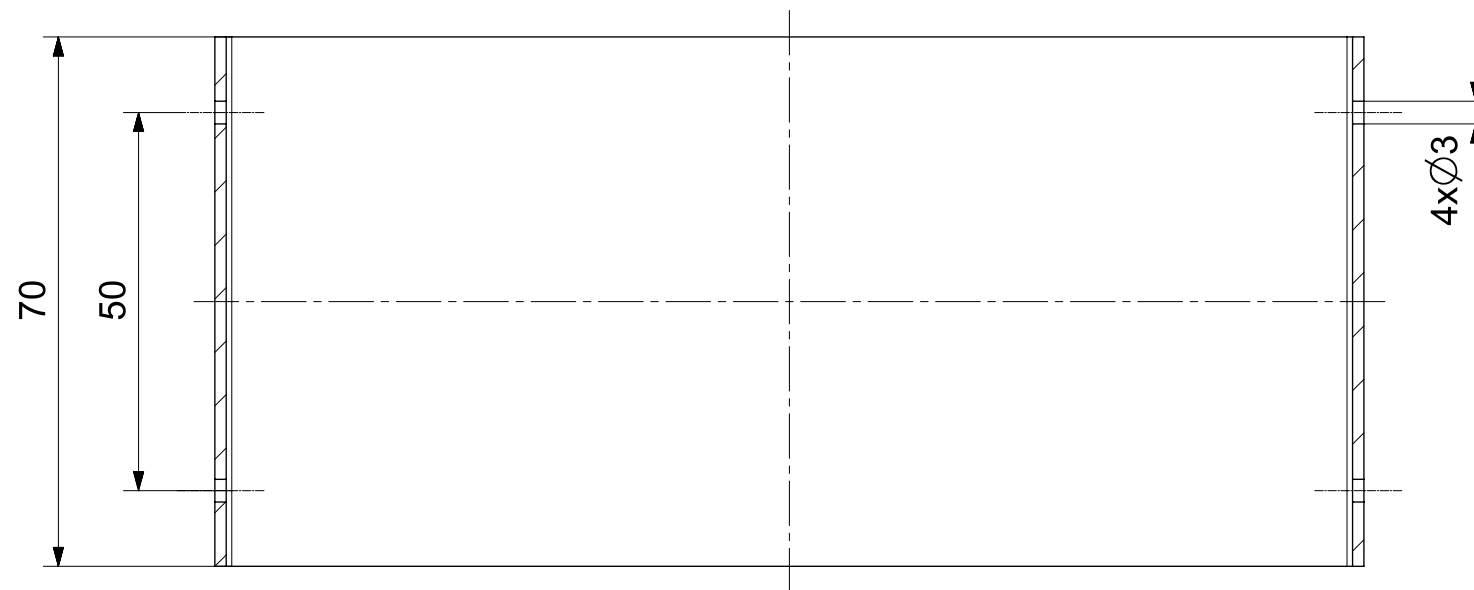


-Espesor de chapa x1,5mm  
-Agujeros colisos pasantes

	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA				
1:2	CAJA BATERIA T			
				Ex. Nro.:
				CURS

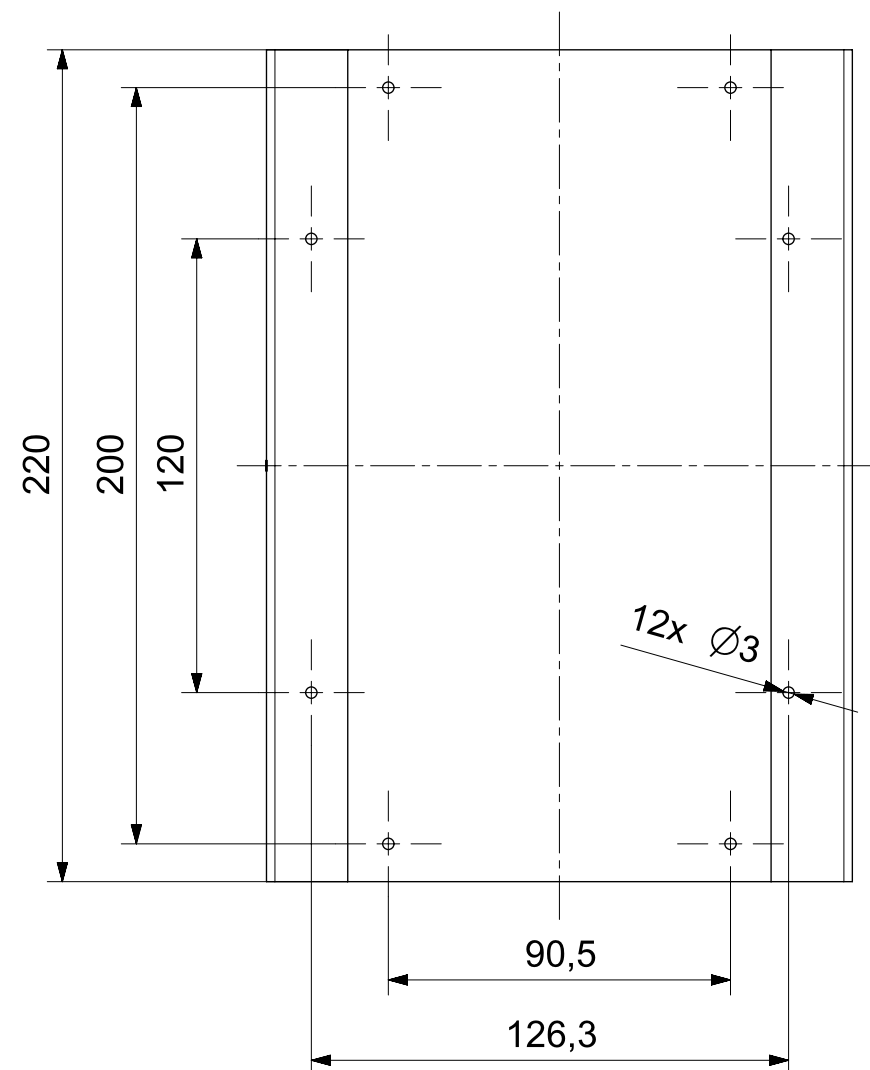
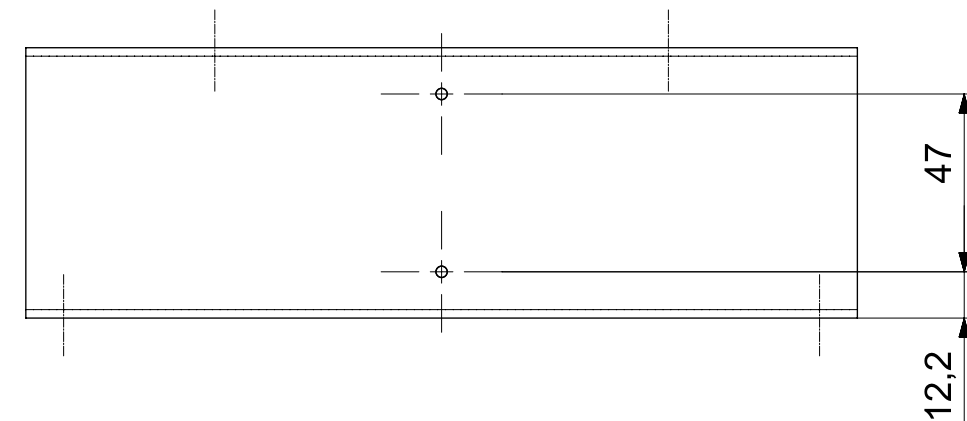
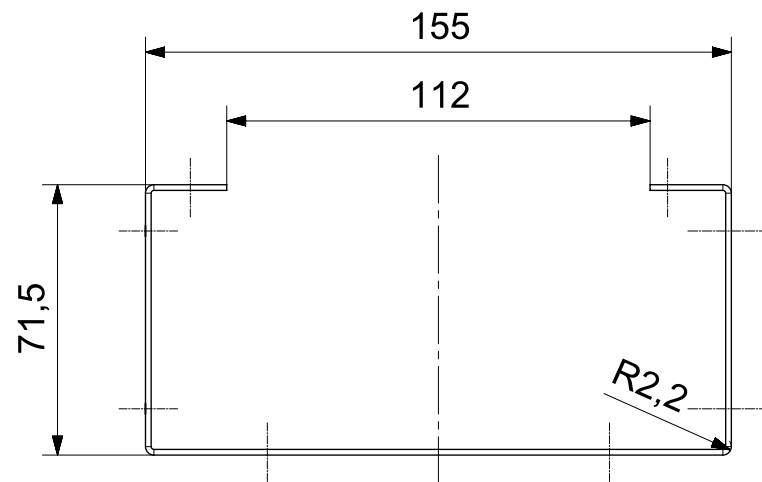


CORTE A-A



-Espesor de chapa x1,5

	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	SOPORTE BATERIA CAJA			
1:1				Ex. Nro.:
				CURS



- Espesor de chapa x1,5
- Agujeros colisos pasantes

	DATA	COGNOM, NOM	E.P.S.E.	
DIBUIXAT			Vilanova i la Geltrú	
COMPROVAT				
ID.S.NORMES				
ESCALA	CAJA BATERIA D			
1:2				
			Ex. Nro.:	
			CURS	